

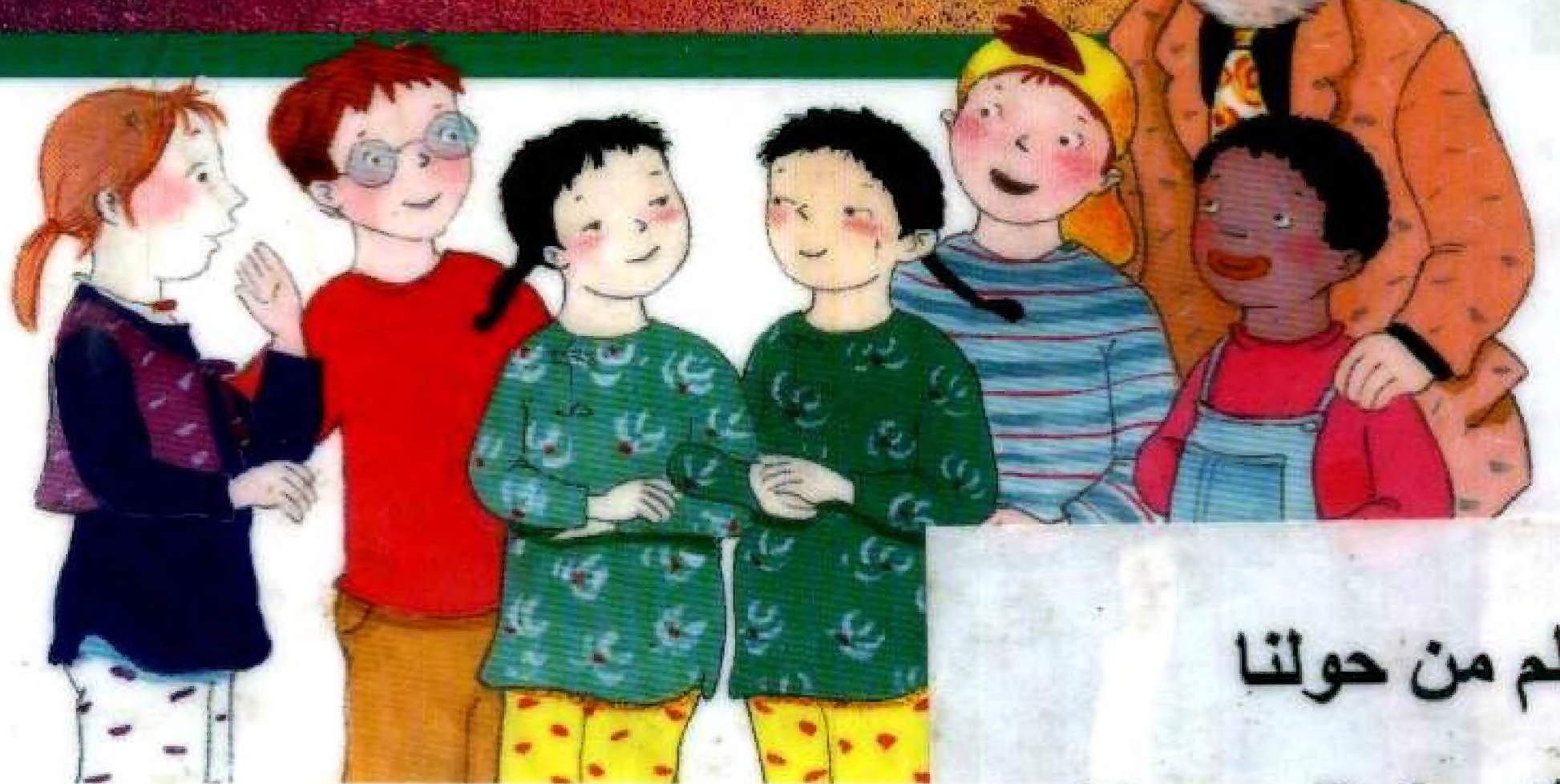
عالم الكروموسومات العجيب

المستكشفون الميكروسكوبيون



دور الكروموسومات
في معجزة الخلق
وتحديد الصفات الوراثية

تأليف نوربرت لاند وبياتريك باورل
ترجمة د. زينب شحادة



العالم من حولنا

Human Body الإنسان

دار الشارقة

عالم الكروموسومات العجيب

المستكشفون الميكروسكوبيون

دور الكروموسومات
في معجزة الخلق
وتحديد الصفات الوراثية



تأليف نوربرت لاندا وياتريك باورل
ترجمة د. زينب شحادة

مرحبا

عندما كنت طفلا صغيرا، تمنيت كثيرا أن أعرف كيف سيكون شكلي عندما أكبر. هل سأشبه أباي، أم أمي، أم جدي؟ حسنا، لقد كبرت الآن و عرفت كل شيء. فلقد ورثت أنف أمي وعيون أبي وشعره، وأيضا رابطة عنق جدي!

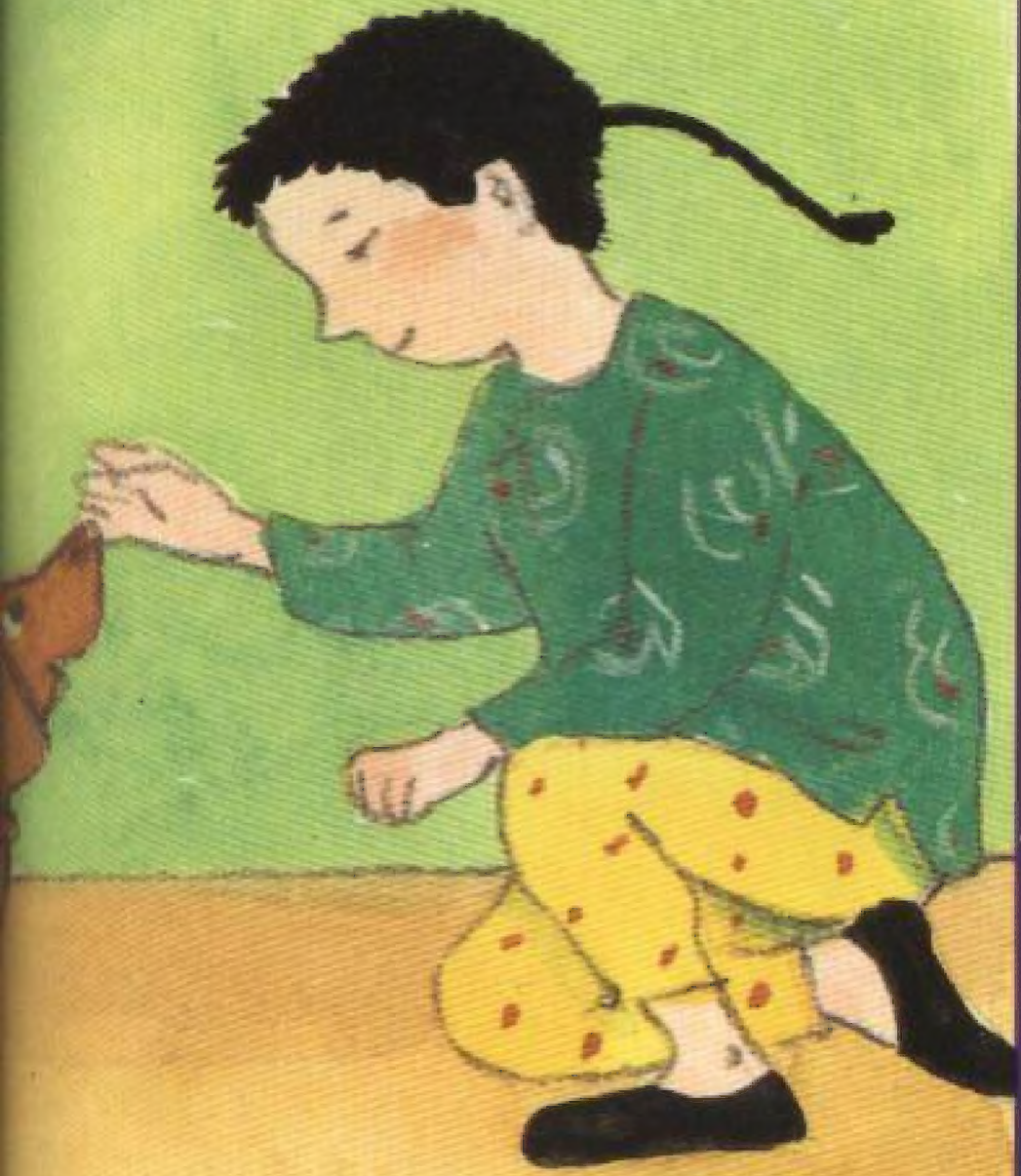
وماذا عنك أنت؟ من تشبه يا ترى؟ ربما تشبه أمك في بعض الصفات وأباك في صفات أخرى، أو حتى جدة جدتك التي ماتت منذ سنوات طويلة. وعلى أي حال، فكل واحد منا يشبه أقاربه في الشكل أكثر بكثير مما يشبه أقرب أصدقائه.

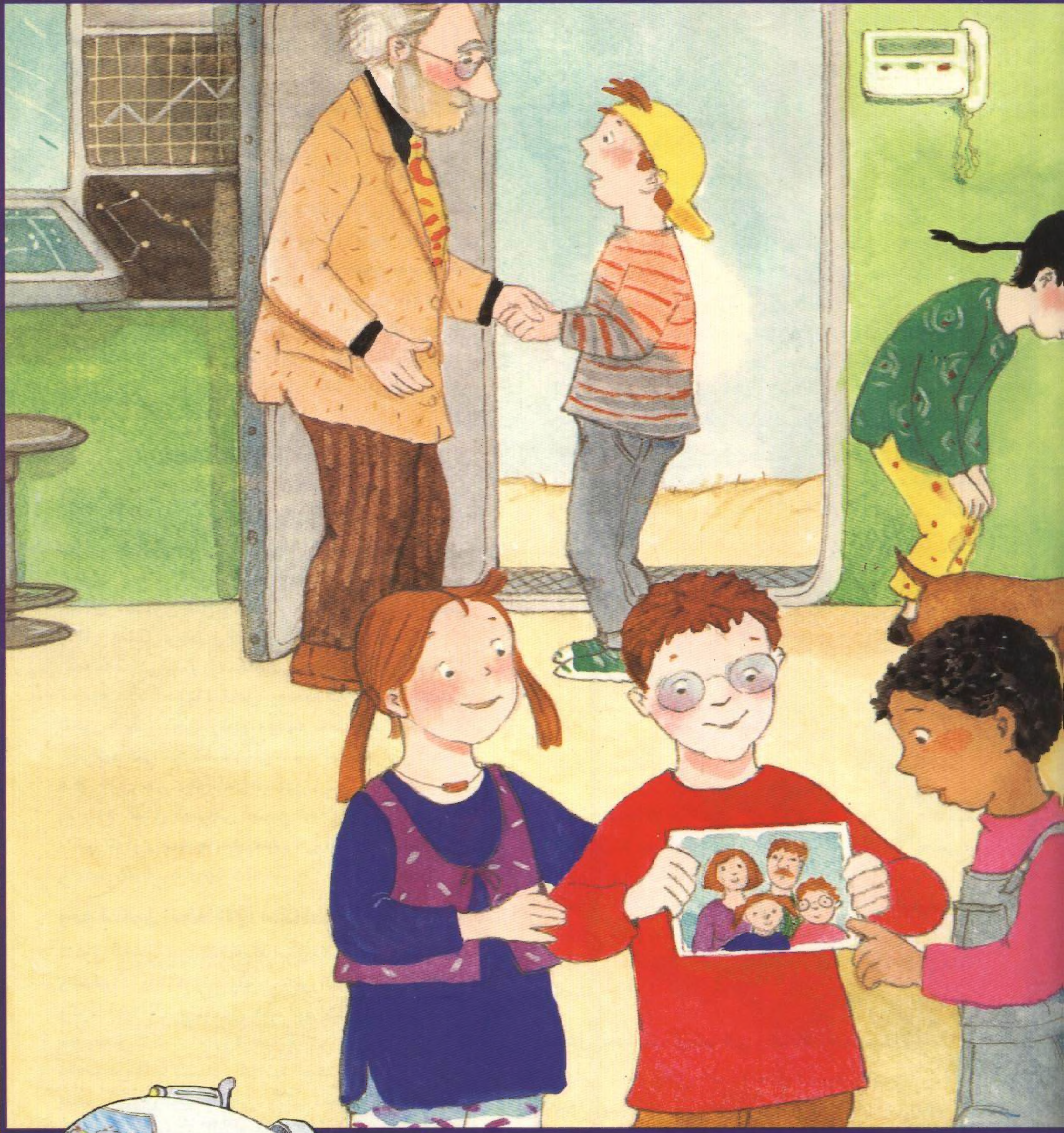
وتتشابه الناس فيما بينها بدرجة أكبر من التشابه الذي نجده بين الكائنات الأخرى مثل الكلاب أو شجر التفاح. والسبب في ذلك أن كل كائن حي يحتوي على الخطط والتصميمات التي تضمن أن يتشابه مع أفراد النوع نفسه. فالكلاب تبدو وتتصرف كالكلاب، كما أن الناس تبدو وتتصرف كالناس الآخرين. وعلى الرغم من هذا التشابه، فإن كل فرد يتميز ببعض الصفات الشكلية والسلوكية التي تميزه عن غيره.

فما تلك الخطط التي تحدد أشكالنا وصفاتنا؟ ومن أين نحصل عليها؟ وهل هناك خطط لتحديد الأنف الطويل والعيون الزرقاء؟ وهل تحتوي أجسام التوائم المتشابهة على نفس الخطط بالضبط، بينما تحتوي أجسام الآخرين على خطط مختلفة؟

نعم، فتللك الخطط هي ما نطلق عليها اسم «الجينات». وهي خيوط رفيعة جدا موجودة داخل نواة كل خلية، وعليها معلومات وراثية مكتوبة بحروف لغة الكيمياء، فالخلايا هي وحدات البناء الدقيقة التي يتكون منها الجسم مثلما تكون أحجار البناء المنزل. وتحدد الجينات أنشطة وتصرفات الخلية، كما أنها تصدر التعليمات للخلايا لتتعاون بعضها مع بعض لبناء وتكوين شخص ما وتحديد صفاته مثل نوعه (ذكر أم أنثى)، وطول أو قصر أنفه، ودرجة لون بشرته، وسائر الصفات الأخرى.

إن قدرات الجينات نراها واضحة وضوح الشمس إذا ما أمعنا النظر في الكائنات الحية من حولنا. فالوظائف التي تقوم بها الجينات عبارة عن أحداث معقدة للغاية تجري في عالم صغير جدا وغير مرئي، داخل خلايا أجسامنا. ولكي نبحت أكثر في هذه الأمور، هيا بنا نستقل كبسولة الانكماش الميكروسكوبية. التي سوف تجعلنا ننكمش إلى أحجام صغيرة تسمح لنا بأن نشاهد الخلايا والجينات وهي تعمل بدأب. وسوف نرى كيف تؤدي مهام وظيفتها، وكيف تنتقل الخطط من الآباء إلى الأبناء، ولماذا نشبه آباءنا قليلا ونختلف عنهم قليلا.





وأنا مرشدكم خلال هذه الرحلة . فلا تترددوا في سؤالى عن أى شىء
يجول بذهنكم. وأريد أن أضيف شيئاً آخر : فخلال رحلتنا هذه سوف
نشاهد أموراً كثيرة وعجيبة. فاحتفظوا بالكلاب مقيدة حتى لا
تعطلنا ، وانتبهوا معى. والآن هيا بنا يا رفاق.

الخلايا تبني الناس

وما الدنا DNA ؟

الدنا مجموعة خيوط رفيعة إلى درجة لا يصدقها عقل، وتوجد في كل خلية بالجسم. وتوجد الجينات مرصوصة بعضها إلى جوار بعض بطول هذه الخيوط. والجينات مناطق على الدنا تحتوي على معلومات ووصفات لصنع البروتينات التي تبنيها الخلية من أجل أن تعيش وتؤدي وظائفها. وتتشابه هذه الوصفات أو الجينات الموجودة في الناس بعضها مع بعض، مما ينتج عنه التشابه الذي نراه بين البشر. فأنا وأنتم نشبه بقية الناس ونختلف تماما عن كلاب الدَّشَهْد [كلاب ألمانية صغيرة ذات أجسام طويلة وقوائم قصيرة]. وعلى الرغم من تشابهنا، فإن الجينات في أجسامنا تختلف بعض الشيء بين الواحد والآخر. وهذا هو ما يجعل كل واحد منا يتصف بصفات خاصة به تميزه عن الآخرين.

فالاختلافات البسيطة في الجينات هي التي تجعلنا لا نبدا مثل التوائم المتشابهة. فمثلا بعض الأفراد يستطيعون أن يقفزوا قفزات أعلى لأن عضلاتهم أقوى وعظامهم أطول، بينما البعض الآخر لا يستطيع ذلك. كما أن الاختلافات بين الناس تظهر بوضوح أكبر في ملامح الوجه، فلكل واحد منا ملامح خاصة به لا تتكرر في شخص آخر إلا في حالة التوائم المتشابهة.

وهناك أيضا الاختلافات التي لا نستطيع أن نراها. فبعض الأطفال لا يمكنهم تناول اللبن والبعض الآخر يعاني من عَمَى الألوان. كما أن هناك من عنده قدرة أكبر على تذكر الأنغام، أو من هو أفضل في الرسم. كما أن أصواتنا لا تتشابه حتى إذا حاول أحد منا أن يغير من صوته عبر التليفون فإننا نستطيع أن نتعرف عليه بالرغم من هذه الحيلة.

وهل نختلف أيضا في رائحة أجسامنا؟

بالطبع نعم. ولكن أنف الإنسان ليس حساسا بدرجة كافية تجعله يميز بين الروائح المختلفة للأفراد. أما الكلب فإنه يستطيع أن يميز بين الروائح أفضل منا. فإذا شم الكلب حذاء ما فإنه يعرف في الحال ما إذا كان هذا الحذاء يخص شخصا يعرفه أم لا. فبالنسبة للكلب كل شخص يقابله له رائحة مميزة خاصة به، مثلما نجد أن كل شخص نقابله له شكل يميزه عن الآخرين.

هل تعلم أن جسم الإنسان يتكون من 10 تريليون (مليون مليون) خلية، توجد في أكثر من 200 نوع مختلف. ومعظم الخلايا صغيرة جدا حتى إنه يمكننا أن نرص حوالي 100 خلية بعضها إلى جوار بعض في أقل من مليمترين. وعلى الرغم من صغر حجم الخلايا، فإنها تعتبر حقا كائنات حية. فالخلايا مثلنا تأكل الطعام لتحصل على الطاقة و تبني مكوناتها. وعندما تنقسم خلية ما (الخلية الأم) فإنها تنتج خليتين جديدتين. أما إذا ماتت الخلايا القديمة، فإن خلايا جديدة تحل محلها.

وتتلاصق الخلايا المتشابهة بعضها ببعض كالبنيان المرصوص لتكون الأنسجة المختلفة. فخلايا الجلد تلتصق بعضها ببعض لتكون الجلد، وخلايا العضلات تتلاصق لتكون العضلات، وكذلك خلايا العظام تتماسك لتكون العظام. أما الخلايا العصبية والخلايا المدعمة الأخرى، فتكون المخ والأعصاب. فقدرتنا على أن نغنى ونقفز ونفكر ونهضم الطعام إنما تنبع من الخلايا المختلفة التي نتكون منها والتي تؤدي وظائف مختلفة. فجميع هذه الخلايا تتفاعل بعضها مع بعض، وتتعاون لتكون الكائن الحي، وتجعله يقوم بوظائفه، وتحميه من الجراثيم التي من الممكن أن تسبب له الأمراض. نعم، فكل كائن حي، كل شجرة، كل كلب، كل إنسان، ما هو إلا نتاج العمل الجماعي لجميع الخلايا التي يتكون منها، والتي تتعاون بعضها مع بعض في انسجام وتفاهم كاملين.

ومم تتكون الخلايا يا أستاذنا؟

تتكون الخلايا من عدة مواد مختلفة مثل البروتينات والدهنيات والسكريات والأحماض النووية مثل (DNA) والـرنا (RNA). وتتفاعل هذه الجزيئات الحيوية بعضها مع بعض لتكون أجهزة الخلية التي تتجمع لتنتج الخلايا بالضبط مثلما تتفاعل الخلايا المختلفة بعضها مع بعض لتكون الجسم الحي. ولكن تستطيع أجسامنا القيام بكل عمليات البناء هذه، فإنه لا بد من أن نتناول الطعام وتقوم كل من المعدة والأمعاء بتكسير وهضم الطعام إلى مواد بسيطة وصغيرة يحملها الدم وينقلها إلى جميع خلايا الجسم. تتسلم الخلايا ما تحتاج إليه من مواد من الدم لكي تبني نفسها وتنتج خلايا جديدة.

مم نتكون ؟

تتكون أجسام الناس من
الأعضاء المختلفة.

أعضاء

وتتكون الأعضاء مثل الكبد
والقلب والجلد من الأنسجة
الحية.

أنسجة

والنسيج الحى يتكون من
خلايا حية.

خلايا

الخلية الحية تتكون من أجزاء
أو أجهزة مثل النواة
والريبوسومات.

أجهزة الحياة

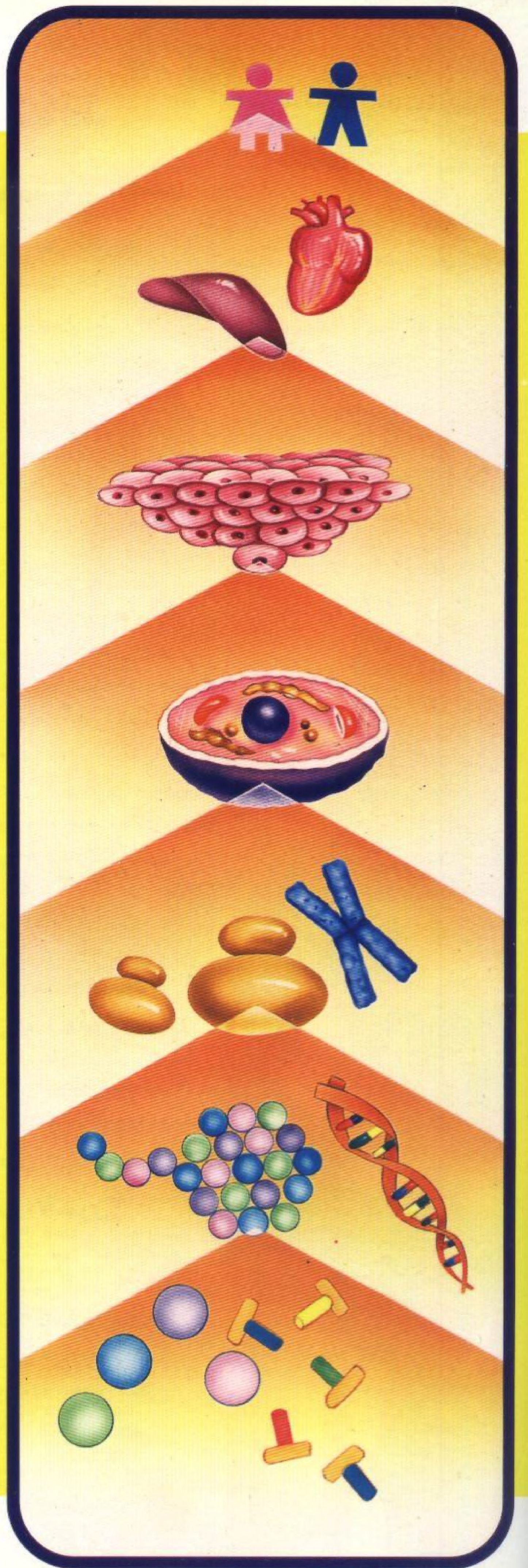
تتكون النواة والريبوسومات
من جزيئات حيوية كبيرة مثل
الدنا والبروتينات.

الدنا والبروتينات مكونة من
وحدات بناء مثل
النيوكليوتيدات والأحماض
الأمينية.

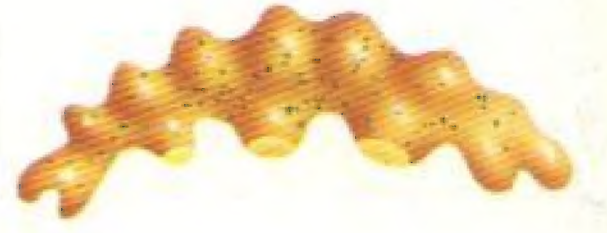
جزيئات

الحياة

وحدات بناء



الخلايا تعمل بنشاط



الشبكة الإندوبلازمية

تحتاج الخلايا إلى شيئين أساسيين لتقوم بوظائفها : هما الجينات والبروتينات. فالجينات تعطي التعليمات والصفات اللازمة لبناء البروتينات التي هي أهم المواد في الخلية الحية. فكل نوع من البروتين يتم صنعه طبقاً للتعليمات الموجودة في جين معين. وتؤدي البروتينات أدواراً شتى فهي بمثابة وحدات بناء ، وأدوات التصاق ومضخات وآلات نسخ وأدوات ترزح وعمال تعبئة. وهي تؤدي كل هذه الأدوار الضرورية حتى تقوم الخلية بأعمالها على خير وجه. فالبروتينات التي تنتجها الخلية هي التي تحدد وظائف هذه الخلية وشكلها وموقعها النهائي في الجسم حيث تقوم بعملها.



الميتوكوندريا



جهاز جولجي

وتكوّن البروتينات أجزاء الخلية المختلفة والتي نسميها بالعضيات (تصغير أعضاء) أو الأجهزة. وتتعاون البروتينات والأجهزة بعضها مع بعض للقيام بالعديد من الأعمال المدهشة. وعلى سبيل المثال، يتم نسخ الجينات المخزونة في نواة الخلية بصفة مستمرة، لتستخدم هذه النسخ في إنتاج بروتينات جديدة في مصانع البروتين التي تسمى «بالريبوسومات». أما البروتينات القديمة المستهلكة فيتم تكسيرها وهضمها بأجهزة «الليسوسومات». وحين الحاجة إلى تصدير بروتين خارج الخلية، فإنه يصنع في الريبوسومات الموجودة فوق سطح جهاز الشبكة الإندوبلازمية. ومن هناك يشحن البروتين في فقاعة صغيرة إلى جهاز «جولجي» ليتم تعديله، ثم يرسل إلى خارج الخلية بعد ذلك. أما جهاز «الميتوكوندريا»، فيختص بحرق المواد الغذائية البسيطة التي تأتي للخلية عن طريق الدم. وينتج عن عملية الاحتراق هذه : الطاقة التي تحتاج الخلية إليها للقيام بمختلف الوظائف والأنشطة. فكما ترون يا أصدقائي، فإن الخلية تعيش دائماً في عالم مليء بالنشاط والحيوية.



النواة



هيكل الخلية

والآن، فإن جميع خلايا الجلد وخلايا العظم وخلايا العضلات وخلايا الأعصاب تكون على استعداد للبدء في أعمالها. فكل هذه الأنواع تعرف ماذا تفعل ، وهي تتعاون معاً لبناء كائن حي معين.

وهل تكبر في الحجم لأن خلايانا تكبر هي الأخرى؟

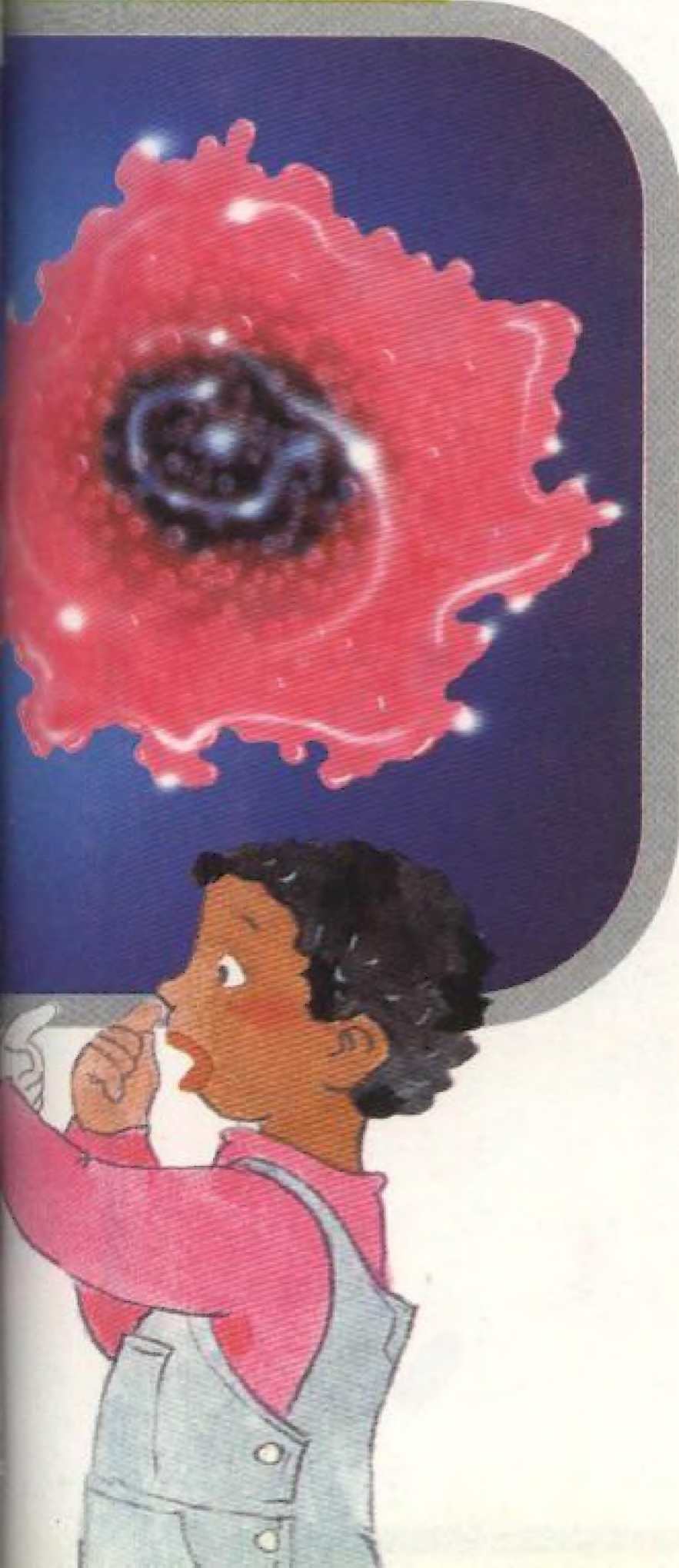
لا يا أعزائي. فخلايانا تحتفظ بأبعادها ولا تتغير. ولكي ينمو الجسم ، فإن خلاياه يجب أن تنقسم . فتنقسم الخلية إلى اثنتين ثم أربعة ثم ثمانية، وتستمر في التكاثر لتنتج خلايا أكثر وأكثر. فخلايا العظم تنتج خلايا عظم جديدة ، وكذلك خلايا العضلات تنتج خلايا عضلات جديدة... وهكذا. ثم تلتصق الخلايا الجديدة ببعضها ببعض لتكون الأنسجة المختلفة مثل العظام والعضلات في الأنف ، والجلد الذي يغطيها ، والأغشية المخاطية في الداخل.

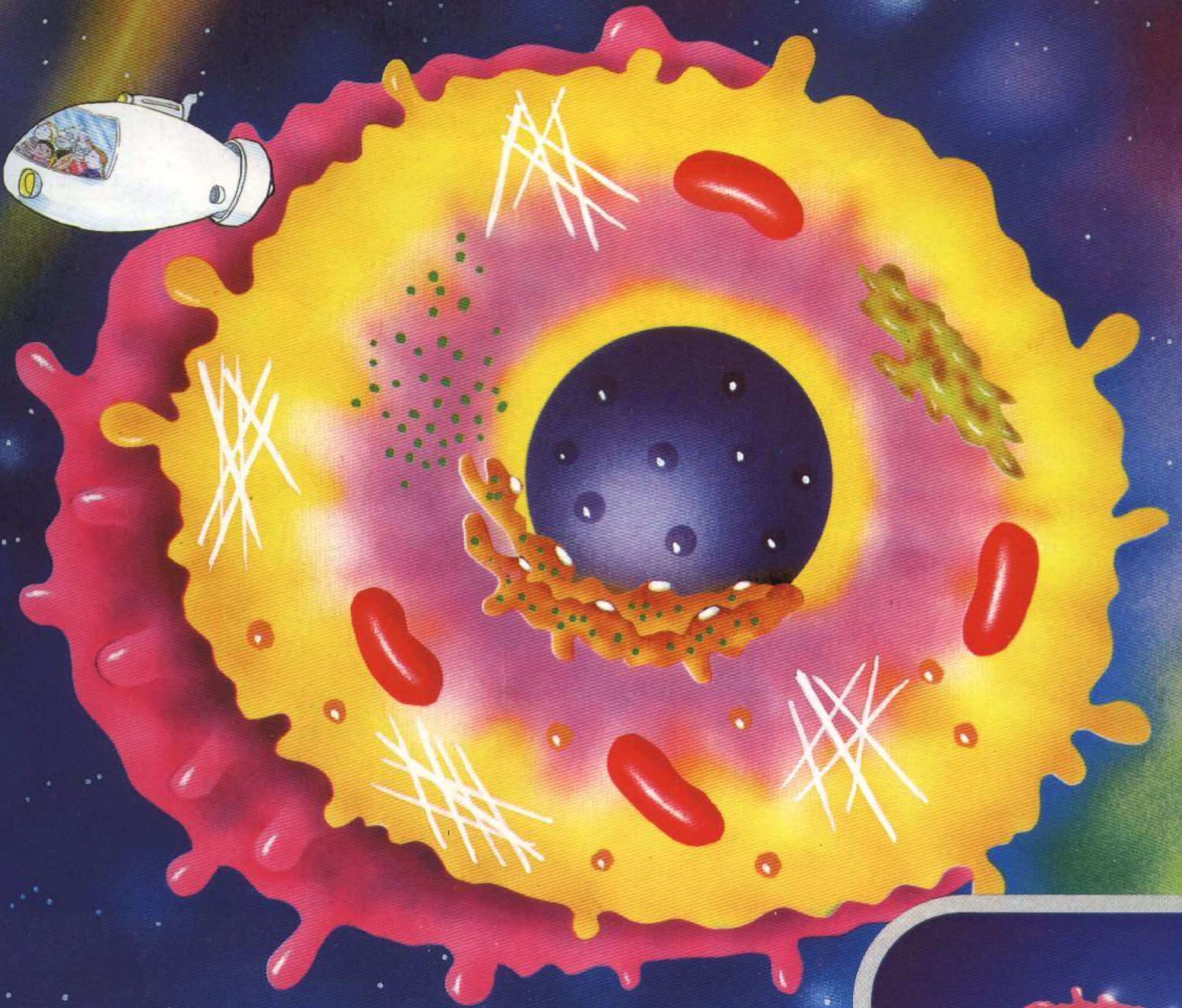


الريبوسومات



الليسوسومات





وتتصل الخلايا بجيرانها من الخلايا بطرق مختلفة. كما أن البروتينات تتحرك بصفة مستمرة بين الخلايا لتحمل رسائل من خلية إلى أخرى. مثلا، يرسل بروتين معين أوامر وتعليمات إلى الخلية الغضروفية، التي تساعد في بناء عظم الأنف، ليحدد لها متى تتكاثر مرة أخرى. فطالما الطفل ينمو، فإن أنفه ينمو هو الآخر، ومثل أي جزء آخر في الجسم، يستمر النمو حتى يصل العضو إلى الحجم الطبيعي. فالسبب في أن بعض الأفراد يتميزون بأنف قصيرة هو أن النسيج الغضروفي فيه قد نما بسرعة أقل من النسيج الذي ينمو في الأنف الطويل. وهذا يعني أن خلايا الأنف قد انقسمت وتكاثرت أقل من المعتاد، مما أدى إلى إنتاج أنف قصيرة.

وكيف يعرف الأنف أنه يجب أن يصبح قصيرا؟

يعرف الأنف ذلك جيدا من الجينات في الخلايا الغضروفية التي تحتوي على الخطة الكاملة. فهذه الجينات تحدد للخلايا معدل انقسامها (الفترة الزمنية بين كل انقسام وآخر). فإذا صدرت الأوامر من الجينات للخلايا بأن تنقسم على فترات متباعدة فإن عدد الخلايا سوف يكون أقل ويؤدي هذا إلى تكوين أنف قصيرة. وهناك اختلافات بسيطة في الجينات الموجودة في الأفراد المختلفين، وتحدد هذه الاختلافات ما إذا كان الأنف طويلا أم قصيرا أم معوجا.



كروموسوم الـ (Y) يكون الذكر

تتشابه جميع الخلايا في تركيبها الداخلي. فكلها مغطاة بغشاء يسمى غشاء الخلية. كما تحتوى على عدة أعضاء أو أجهزة مختلفة. والجهاز الذى يهمنا بصفة خاصة هنا هو النواة. فهو يحتوى على الكروموسومات، تلك العبوات غريبة الشكل التى تحتوى على الجينات. ويوجد فى نواة كل خلية من خلايانا 46 كروموسوما تتزوج بعضها مع بعض لتعطى 23 ثنائيا (ويتكون كل زوجين - أى كل ثنائى - من كروموسومين متماثلين). وهنا نرى شكلا للكروموسومات فى النواة.

ولماذا تتزوج الكروموسومات يا أستاذنا؟

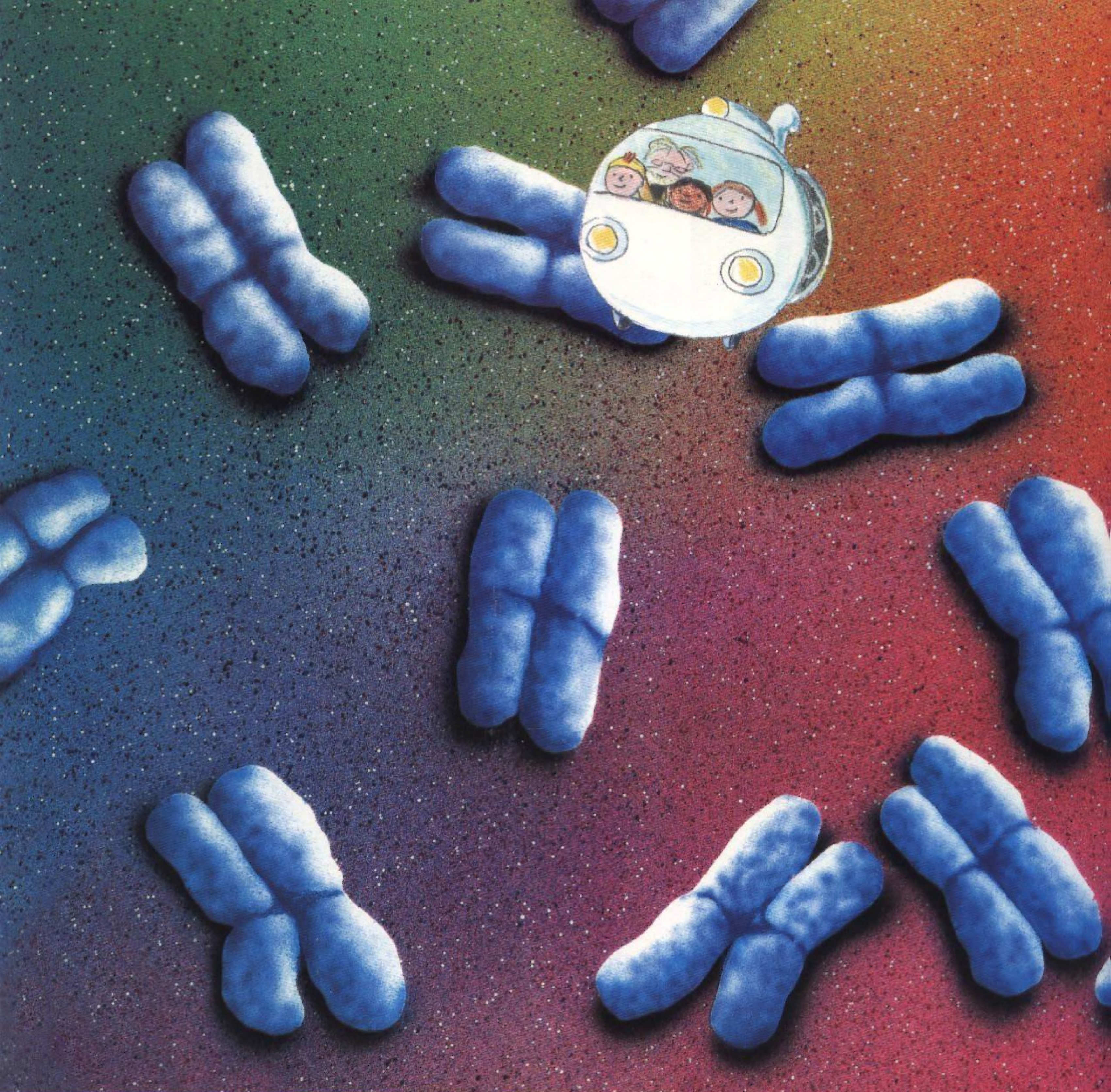
لقد ورث كل واحد منا هذه الأزواج - أى الثنائيات - من الكروموسومات من شخصين : الأم والأب. ويشتمل كل زوجين على كروموسوم جاء من الأم وكروموسوم جاء من الأب. ويحتوى الكروموسومان فى كل زوجين على جينات تحدد نفس الصفات. أى أنه لكل صفة فينا يوجد اثنان من الجينات يحددانها. وهذا بالطبع شىء مفيد جدا. ففى حالة حدوث أى إصابة لواحد من الجينات على كروموسوم ما فإنه سيكون هناك جين آخر سليم على الكروموسوم الآخر.

ونرى أمامنا صورة أخرى للكروموسومات وهى مرتبة فى أزواج. ونرى أن الكروموسومين فى كل زوجين يتشابهان فى (انظر فى المستطيلات الخضراء). وفى معظم الوقت ، لا نستطيع أن نرى الكروموسومات ، ولكن معالمها تصبح واضحة عند انقسام الخلية، وعندئذ نستطيع أن نراها بواسطة الميكروسكوب متخذة شكل حرف إكس (X).

ومن الواضح أن أزواج الكروموسومات تختلف فى أطوالها. وتتشابه تقريبا كل الكروموسومات الموجودة فى البنين والبنات. ففى البنات يتشابه الكروموسومان فى كل زوجين من ناحية الطول والشكل، كما تتخذ كلها شكل حرف الإكس (X). أما فى البنين، فإن ثنائيا من الـ 23 ثنائيا يحتوى على كروموسومين مختلفين فى الطول. ويسمى الكروموسوم الطويل بكروموسوم إكس (X)، ويسمى القصير بكروموسوم واى (Y). وكروموسوم واى (Y) الصغير هذا هو المسئول عن تحديد نوع الذكر.

وكيف يستطيع كروموسوم الواى (Y) هذا أن يكون الذكر؟

هذا أمر بسيط. فالكروموسومات ما هى إلا جينات ملفوفة بعضها على بعض. والذى يهمنا هنا هو الجينات سواء كانت ملفوفة أم مفكوكة. والفرق الوحيد بين البنين والبنات هو أن كروموسوم الواى (Y) فى البنين يحتوى على جينات معينة زائدة وخاصة بالذكر، ولا توجد هذه الجينات فى كروموسومات البنت وليست فى حاجة إليها. وتحدد هذه الجينات الزائدة صنع بروتينات معينة فى خلايا الابن. ثم تتفاعل هذه البروتينات لتجعل جسم الابن يكون جميع الأعضاء اللازمة التى تجعله ذكرا.



وبالطبع يحتاج البنون إلى الـجينات على كروموسوم الإكس (X) لتحديد صفات أخرى. ولكن بعض الـجينات على كروموسوم الواي (Y) هي التي تفرق بين الجنسين. فبدون كروموسوم الواي (Y) سوف تصبح جميعا بنات. والآن يكون من الواضح لماذا نسمى هذين الزوجين - (إكس إكس «XX» في البنات وإكس واي «XY» - في البنين) الكروموسومات الجنسية .

والآن لقد حان الوقت لأن نلقي نظرة أعمق على الـجينات. ولكي نفعل ذلك علينا أن ننكمش إلى أحجام أصغر. هيا بنا يا أعزائي.

الجينات والكروموسومات

للتبسيط سوف نركز بحثنا على واحد من الـ 46 كروموسوما. فعندما ننكمش أكثر ونقترب من هذا الثنائي، نرى أنه يحتوى على مجموعة خيوط «متشابكة» بعضها مع بعض. ولكن إذا دققنا النظر نرى أن هذه الخيوط ملفوفة على شكل دوائر صغيرة مكونة من بروتينات متخصصة تسمى بالهستونات.

وعندما نحل هذه اللفات نستطيع أن نرى خيوط الدنا DNA. وتحتوى خيوط الدنا على جميع المعلومات الوراثية التى تحدد صفات الخلية والكائن الحى. ويتكون الدنا DNA من سلسلتين متقابلتين وتلتفان بعضهما حول بعض مكونتين شكل السلم الحلزونى. وتتكون درجات هذا السلم من أربعة مركبات كيميائية تسمى بالنيوكليوتيدات (nucleotides) والتي نسميها اختصاراً أ (A)، ث (T)، ج (G)، س (C)، والتي تكون بمثابة الحروف الأربعة التى تكتب بها اللغة الوراثية على الدنا. فالجين ما هو إلا قطعة من الدنا تحتوى على عدة آلاف من ترتيبات مختلفة من النيوكليوتيدات على كروموسوم واحد. ومثلما يحدد ترتيب الحروف معانى الكلمات والجمل فى اللغة العربية، كذلك يحدد ترتيب النيوكليوتيدات فى الجين معلومات وراثية معينة ووصفات تستخدمها الخلية لتصنع بروتينا معيناً.

وتتكون كل درجة من سلم الدنا من اثنتين من النيوكليوتيدات المترابطة بعضها ببعض فى صداقة أبدية. فنجد أن (أ) الحمراء اللون ترتبط مع (ث) الزرقاء اللون دائماً، و (ث) ترتبط مع (أ) دائماً دون غيرها. وكذلك ترتبط (س) الصفراء اللون مع (ج) الخضراء اللون دائماً، و (ج) مع (س) دائماً دون غيرها. فمثلاً، لن يحدث أبداً أن ترتبط (ث) مع (س) أو (س) مع (أ) أو (ث). وعلى هذا الأساس، فإنه إذا انشق السلم طويلاً من المنتصف بحيث تنفصل كل سلسلة نيوكليوتيدات عن الأخرى، ثم نظرنا إلى إحدى السلسلتين وترتيب النيوكليوتيدات عليها، فإننا من الممكن أن نعرف ترتيب النيوكليوتيدات على السلسلة الأخرى حتى لو لم نرها.

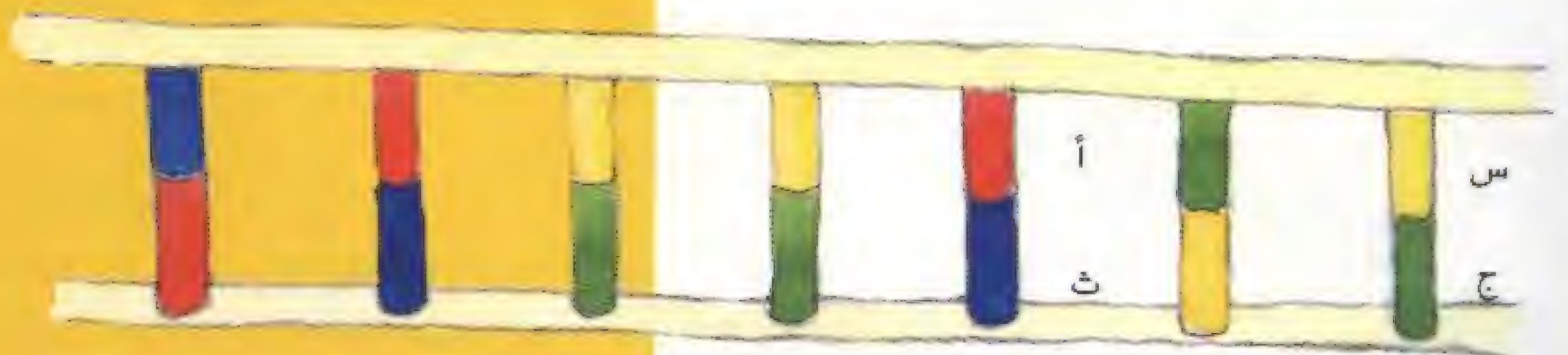
وعندما ينشق السلم طويلاً وتنفصل السلسلتان بعضهما عن بعض، إذا أمددنا كل سلسلة بالنيوكليوتيدات الحرة سنجد أن كل نيوكليوتيد سوف يهرع ليرتبط بزميله، وبارتباط النيوكليوتيد وراء الآخر على السلسلة سوف تتكون سلسلة جديدة مقابلة لكل سلسلة قديمة (سلسلتى الدنا الأصلية). وبهذا سوف نحصل على سلمين من الدنا يحتوى كل منهما على نفس الترتيب من النيوكليوتيدات. وتحدث هذه العملية خلال انقسام الخلية حيث يتم نسخ الدنا إلى اثنين حتى تحصل كل خلية جديدة على نسخة طبق الأصل من النسخة التى تحصل عليها الخلية الأخرى.

وعبقريّة الجينات لا تنتهى عند هذا الحد. فبالإضافة إلى قدرتها على عمل نسخة من نفسها خلال عملية الانقسام، فإنها تسمح بعمل نسخ أخرى منها لترسل خارج النواة حاملة معها المعلومات اللازمة لصنع بروتين معين. هيا بنا نرى كيف يحدث ذلك.





تلتزم النيوكليوتيدات على سلم الدنا
 بنظام صداقة أبدية. فالنيوكليوتيد
 س (الأصفر) يرتبط دائما مع ج
 (الأخضر)، و أ (الأحمر) يرتبط
 دائما مع ث (الأزرق).



البروتينات تُكوّن الناس

يتميز سلم الدنا بقدرته على أن ينفتح بالضبط عند نقطة بداية الجين حتى تنفصل سلسلتا السلم وتصبح النيوكليوتيدات عليهما غير مرتبطة وواضحة ومكشوفة.

والآن، تأتي بروتينات متخصصة تسمى بإنزيمات البلمرة (polymerases) لتؤدي عملاً مهماً. فهي تقرأ النيوكليوتيدات على كل سلسلة منفردة لتكون سلسلة جديدة مكتملة لها. فعندما تقرأ هذه الإنزيمات نيوكليوتيد (ث)، فإنها تضع أمامه (أ)، وعندما ترى (س) فإنها تضع أمامه (ج)، ثم تربط (أ) بـ (س) لتكون بداية السلسلة الجديدة. وتستمر في القراءة وربط النيوكليوتيدات الحرة بعضها ببعض حتى يتم تصميم سلسلة جديدة من النيوكليوتيدات المتصلة. وتسمى هذه السلسلة بالـرنا الرسول (messenger RNA)، مع العلم أنه بعكس سلاسل الدنا التي تحتوى على نيوكليوتيد (ث) مرتبطاً مع (أ)، فإن سلسلة الرنا لا تحتوى على نيوكليوتيد (ث) بالضبط، ولكنها تحتوى بدلاً منه على نيوكليوتيد يشبه (ث) ونشير إليه بالحرف (ي). إذن كل سلاسل الرنا في الخلية تحتوى على نيوكليوتيدات (أ) و (ي) مرتبطة بعضها ببعض دائماً، وكذلك (س) و (ج) مرتبطة بعضها ببعض دائماً. وبعد تكوين سلسلة الرنا فإنها تنفصل عن الدنا. وبهذا تصبح سلسلة الرنا الرسول تحتوى على نسخة طبق الأصل من الجين على الدنا، أي المعلومات والخطط اللازمة لصنع بروتين معين. فيغادر الرنا النواة حاملاً الرسالة ويتجه إلى مصانع البروتين وهي الريبوسومات. وتتخذ هذه الأجهزة شكل كرتين بعضهما فوق بعض. وتوجد في أعداد كبيرة تصل إلى مئات الآلاف في كل خلية.

والآن، يمكننا أن ندرك لماذا تنتج الخلايا المختلفة بروتينات مختلفة على الرغم من وجود نفس الجينات في كل الخلايا. فإنتاج البروتين يتوقف على عمل نسخة من الجين أي إنتاج الرنا الرسول الذي يترك النواة ويسافر إلى الريبوسومات ليتم استخدام المعلومات عليه في صنع البروتينات. ونطلق على عملية نسخ صورة من الجين في هيئة الرنا الرسول اسم (عملية تنشيط الجين). إذن السبب في أن الخلايا المختلفة تنتج بروتينات مختلفة هو تنشيط جينات مختلفة في الخلايا. فمثلاً، تنشيط خلية الدم الحمراء الجين الخاص بإنتاج بروتين الهيموجلوبين عن طريق عمل نسخة الرنا الرسول لهذا الجين. أما خلايا الجلد التي لا تحتاج إلى هذا البروتين، فإنها لا تنشط جين الهيموجلوبين فيها أي أنها لا تعمل نسخة من هذا الجين. ويظل الجين موجوداً في النواة ولكنه في حالة نوم عميق. وكما نرى فإن كل خلية في الجسم تدبر شؤونها بجزء من الجينات الموجودة على الدنا فتبقى على هذا الجزء نشيطاً وتقيد الجينات الأخرى التي لا تحتاج إليها وتمنعها من تسريب أي معلومات عليها.

ومم تتكون البروتينات يا أستاذنا؟

تتكون البروتينات من وحدات بناء تسمى بالأحماض الأمينية مرصوفة بعضها إلى جوار بعض على شكل سلسلة. وهناك 20 نوعاً من الأحماض الأمينية التي تكون جميع البروتينات في جميع الكائنات الحية. ويستطيع جهاز الريبوسوم الخاص بتصنيع البروتين أن يقرأ التعليمات على سلسلة الرنا الرسول فيعرف بذلك نوع وعدد وترتيب الأحماض الأمينية التي يجب أن ترص بعضها إلى جوار بعض لعمل سلسلة البروتين، وبمجرد تكوين سلسلة البروتين هذه، فإنها تلتف بعضها حول بعض لتعطي أشكالاً كروية و شريطية مختلفة. وبعد أن يتخذ البروتين الشكل النهائي له فإنه يصبح مؤهلاً للقيام بعمله، فيتجه إلى الموقع المحدد له. وجسم الإنسان يحتوى على 100 ألف بروتين مختلف. كل بروتين جاء طبقاً لتعليمات من جين معين. وفي بعض الأحيان ترتبط بروتينات مختلفة بعضها ببعض لتكون جسيماً متحداً كبيراً ذا شكل معين وضروري من أجل القيام بعمل محدد. فـجهاز الريبوسوم نفسه عبارة عن جسيم متحد كبير، لأنه يتكون من عدة أنواع من البروتينات المختلفة المرتبطة بعضها ببعض بطريقة معينة.

وكيف يتم تكوين الإنسان بهذه الطريقة؟

حسناً، إذا نظرنا إلى كل خطوة على حدة، فإننا سنجد صعوبة في فهم عملية التكوين لأنها غاية في التعقيد. ولهذا سوف نلجأ إلى التشبيه التالي للإيضاح. لتخيل معاً أن الجينات والبروتينات عبارة عن تعليمات مفصلة خطوة بخطوة لصنع لعبة من الورق.

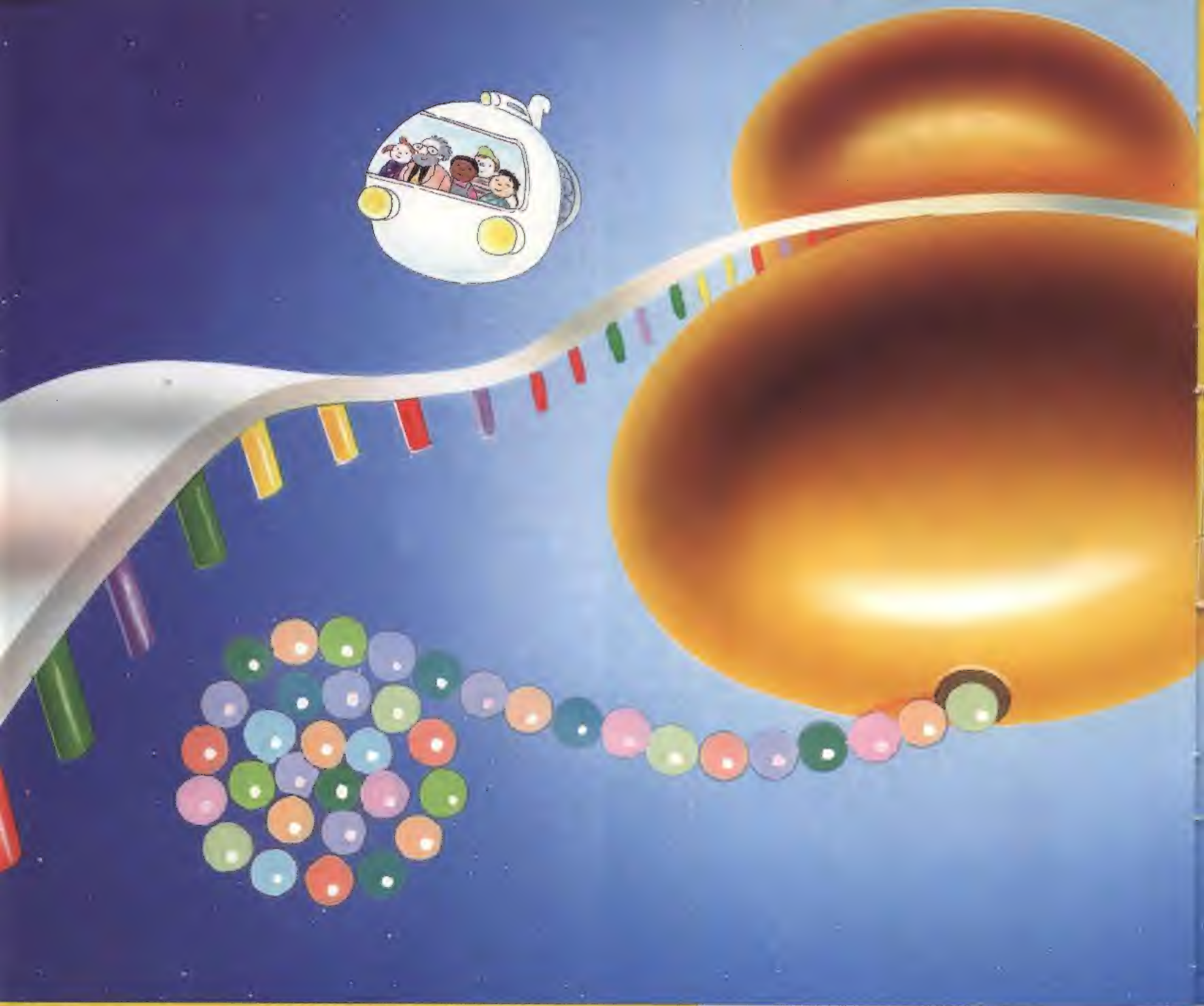
إن سلسلة «الرنا الرسول» هي عبارة عن نسخة حقيقية من الجين. ولكن الرنا لا يحتوى على نيوكليوتيد (ث) الأزرق، بل يحتوى على نيوكليوتيد (ي) البنفسجي الخاص بالرنا.

شريط الدنا

الرنا الرسول

النيوكليوتيدات

كلمة شفوية

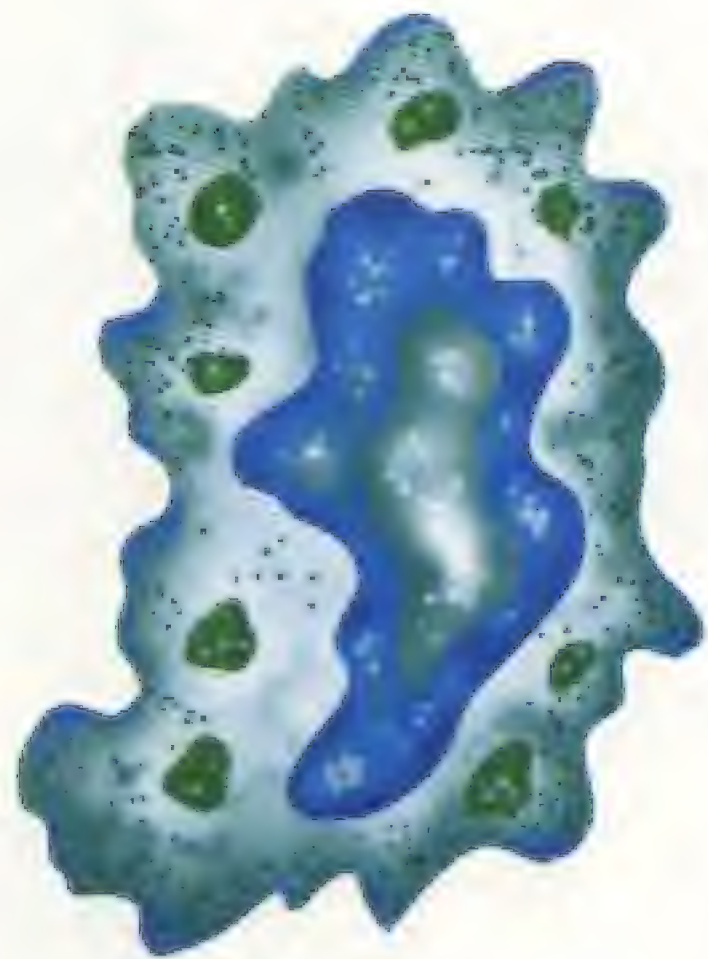


ففي البداية ، سيكون كل ما لدينا هو قطعة من الورق، وقائمة بالتعليمات، وليس لدينا أي فكرة عن الشكل النهائي للعبة التي سوف نكونها. ثم نقرأ التعليمات بعد ذلك ونبدأ التنفيذ، فنطوي الورقة من المنتصف ثم نطويها بمحاذاة هذا الخط ثم نقلبها ونطويها هناك ...إلخ. ففي كل خطوة نقوم بها نتبع التعليمات الخاصة بهذه الخطوة، ونجد بعد ذلك أن الخطوات تتفق بعضها مع بعض جيداً حتى أننا في النهاية نحصل على طائرة كاملة من الورق. انظر إنها تطير! لقد تم تكوينها على الرغم من أننا لم نكن نعرف ما شكلها النهائي.

وعلى المنوال نفسه ، من الممكن أن نتصور أن الطينات تعطي تعليمات أولاً لصنع البروتينات، ثم لصنع الخلايا، ثم لتكوين الأنسجة، ثم لتكوين كائن حي كامل بعد ذلك. تعطي الطينات المعلومات ثم تقوم البروتينات بتنفيذها. وتجري هذه الأحداث في كل ثانية في جميع خلايانا. ففي كل بقعة من الخلية نجد أن هناك بروتينات من نوع معين تتجمع بعضها مع بعض بالعدد المضبوط في الوقت المناسب لتتفاعل بعضها مع بعض بالطريقة المضبوطة وتؤدي ما عليها من وظائف.



الخلايا تصنع البروتينات والبروتينات



خلية دم بيضاء

إن جميع خلايا الجسم قد نشأت من خلية واحدة وهي البويضة الملقحة ، التي انقسمت واستمرت في الانقسام حتى كونت جميع الخلايا التي تُكوّن كل واحد منا. وفي كل مرة تنقسم فيها الخلية يتم نسخ كل الجينات بحيث تحصل كل خلية جديدة على نسخة كاملة من الجينات. وتحتوي كل خلايا الجسم على نفس النوع والعدد من الجينات. ولكن كل نوع من الخلايا المختلفة ينشط الجينات التي يحتاج إليها هو ويترك الجينات الأخرى في حالة خمود. وبالتالي ينتج كل نوع من الخلايا أنواع البروتينات التي يحتاج إليها لأداء الوظائف الخاصة به. فمثلا ، تنتج خلايا العظم بروتينات مختلفة عن تلك التي تنتجها خلايا الجلد.

والبروتينات جزيئات صغيرة جدا ، فحوالي مليون منها تشغل حيزا أقل من ملليمترين. وينتج جسم كل واحد منا عدة بلايين من البروتينات في الثانية الواحدة. وتشمل هذه البروتينات 100 ألف نوع تحدد الجينات بحيث يؤدي كل نوع منها وظيفة مختلفة.



خلية ذاكرة



البروتينات التي تحارب
الجراثيم تسمى
الأجسام المضادة

بروتين الهيموجلوبين
يساعد خلايا الدم
الحمراء في نقل
الأكسجين



ويوجد نوع من البروتينات يسمى البروتينات الشائعة، لأنها توجد في جميع أنواع الخلايا لتؤدي الوظائف الأساسية لحياة أي خلية بصرف النظر عن نوعها. وهذا يعني أن الجينات الخاصة بهذه البروتينات تكون في حالة نشاط دائم في جميع الخلايا. وهذه البروتينات تلعب أدوارا مهمة في عمليات توليد الطاقة ، وانقسام الخلية والحصول على الغذاء ، وكلها عمليات أساسية لحياة أي نوع من الخلايا.

وتدخل أنواع أخرى من البروتينات في تكوين هيكل الخلية. فيعتبر بروتين الكيراتين (Keratin) من المواد الأساسية التي تكون الأظافر والشعر. كما أن هناك بروتين يسمى الكولاجين (collagen) يكون الأجزاء المطاطية من الجلد والغضروف ويشترك مع المعادن في تكوين العظام.

وهناك أنواع من البروتينات تساعد الخلايا في القيام بوظائفها الخاصة. فخلايا الدم الحمراء مثلا تحمل الأكسجين إلى الخلايا في جميع أنحاء الجسم. وتستطيع هذه الخلايا أن تقوم بهذا العمل بفضل احتوائها على بروتين الهيموجلوبين (hemoglobin) الذي يصطاد الأكسجين ويحتفظ به حتى يعطيه للخلايا.

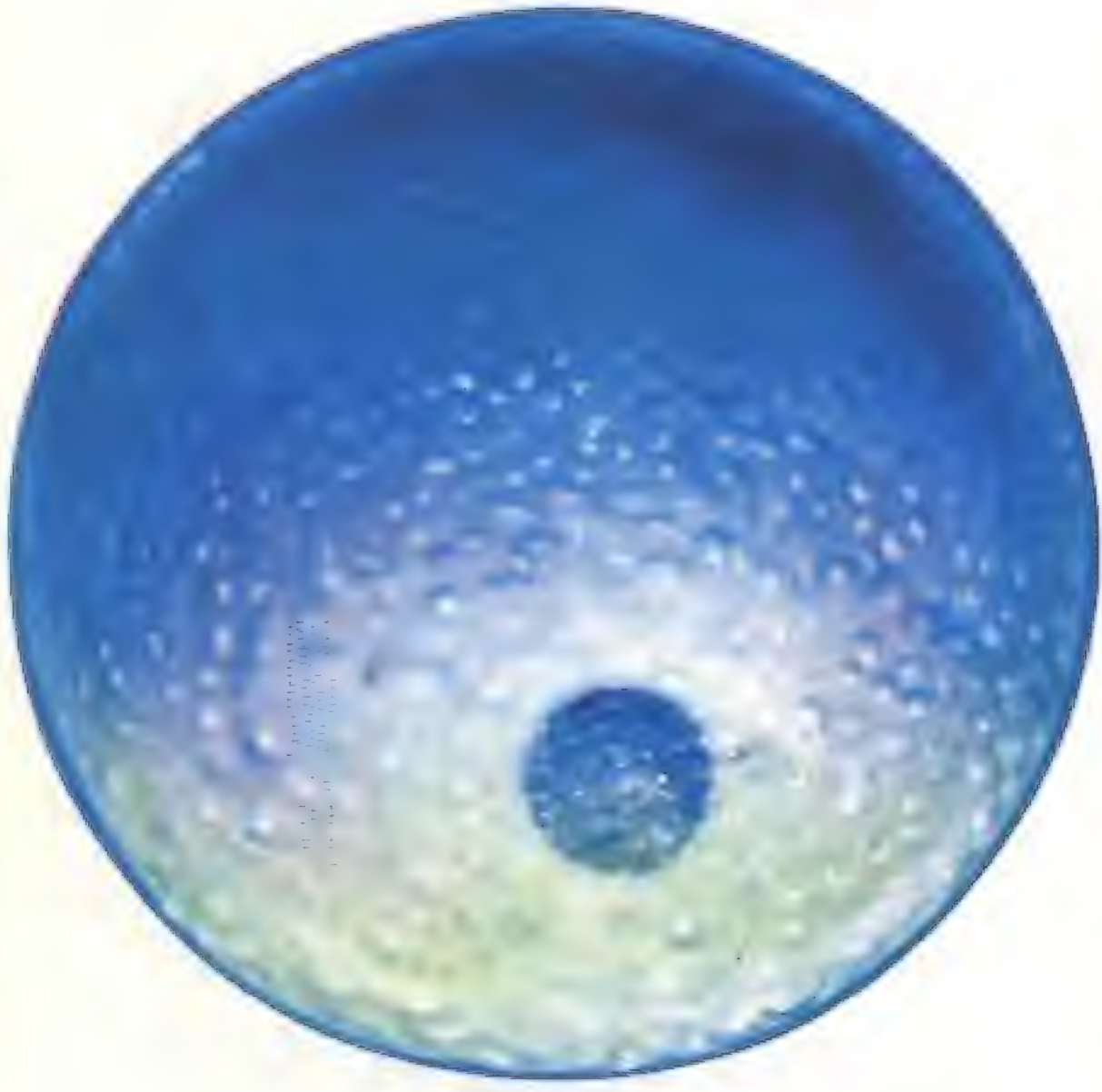


خلية وعاء دموي

صنع الخلايا



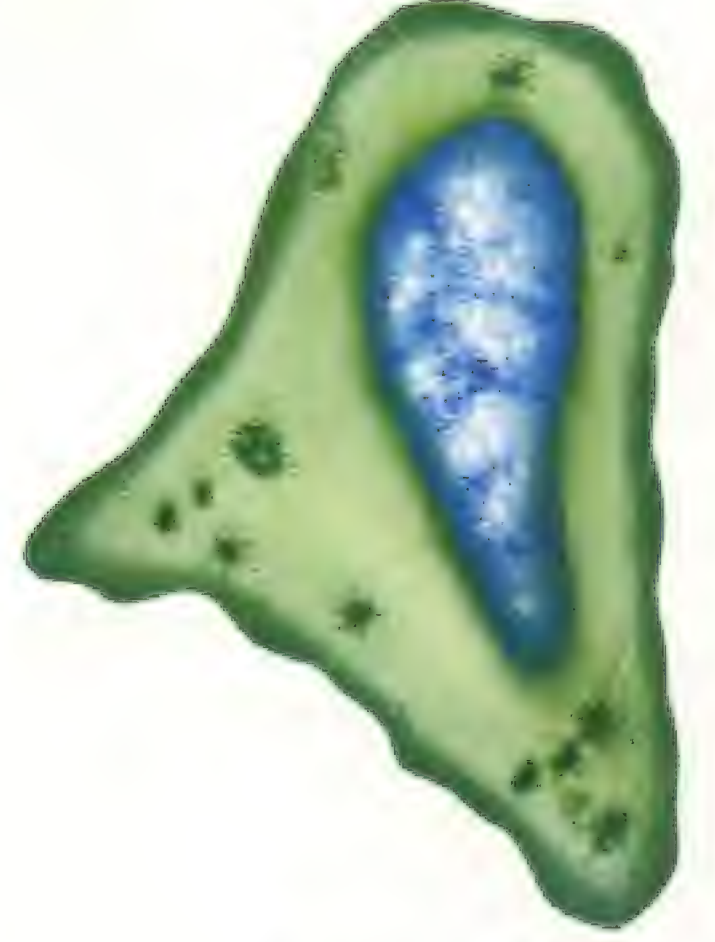
خلية عضلية



خلية البويضة



الخلية التي تصنع الهرمونات



خلية الجلد



خلية عصبية



خلية عظم

أما البروتينات المسماة بالإنزيمات (enzymes)، فهي المسؤولة عن تنشيط جميع التفاعلات الكيميائية في الخلية الحية. فالإنزيمات تساعد في ربط بعض الوحدات الصغيرة بعضها ببعض لتكوين جزيئات كبيرة. كما أنها تساعد في تحليل وهضم المواد إلى أجزاء صغيرة مثلما يحدث عند هضم الطعام.

وتعتمد الخلية على بعض البروتينات الأخرى في القيام بوظائفها. فالخلايا العضلية تنقبض بفضل ألياف بروتينية تسمى بالأكتين والميوسين (actin and myosin). وتستطيع الخلية أن تنقل المواد من مكان لآخر بواسطة بروتين التيوبولين (tubulin) الذي يكون أنابيب طويلة تعمل مثل القضبان التي تنتقل عليها الحويصلات الصغيرة.

وتتفاهم الخلايا بعضها مع بعض عن طريق بروتينات تسمى الهرمونات تعمل مثل الرسائل. فعلى سبيل المثال، الهرمونات هي التي تخبر الخلايا متى تنقسم. وهناك أيضا بروتينات محاربة تسمى الأجسام المضادة تلتصق بالجراثيم ليتم قتلها.

وبالإضافة إلى جميع الوظائف المذكورة، التي تقوم بها البروتينات، فإن هناك أنواعا أخرى توجه وتنظم جميع العمليات الحيوية في الخلية. ومثال ذلك: البروتينات التي تقوم بتنشيط أو بتكبيح الجينات والبروتينات التي تنظم عمل البروتينات الأخرى، فتوجهها متى تعمل ومتى تتوقف عن العمل.

وكما ترون يا أصدقائي، فإن كل شيء يدور في الجسم يعتمد تماما على البروتينات بطريقة أو أخرى. فكل نوع بروتين يتحدد بواسطة نوع من الجينات. فالجين عبارة عن منطقة في الدنا تحتوي على المعلومات والوصفات التي تحتاج الخلية إليها لصنع بروتين معين. وتعتبر الـ 100 ألف جين الموجودة في كل خلية بمثابة وصفات لصنع 100 ألف بروتين. وكما ترون فإنه لكي يتم تكوين جين ينمو وينبض بالحياة فإنه لابد من التعاون والتنسيق والتفاهم بين الجينات والبروتينات.

الجينات المختلفة

تنتج بروتينات مختلفة

تحتوى خلايا البشر على جينات متشابهة. وتنتج الجينات المتشابهة بروتينات متشابهة. والبروتينات المتشابهة بين الناس هي التي تجعل الخلايا تعمل بنفس الطريقة في نفس المنطقة من الجسم بحيث تنتج ملامح متشابهة. وعلى هذا الأساس نجد أن المنخرين (فتحتى الأنف) يوجدان في الأنف في منتصف الوجه وليس خلف الرأس مثلما يحدث في الدرافيل. كما أن عيوننا أمامية وليست جانبية مثل الأرنب، وليست لدينا ذيول مثلما الحال في الكلاب.

ويتخذ كل من الأنف والأذن والشفاه أشكالاً محددة لأن الخلايا المكونة لكل منها تنقسم ثم تتوقف عن الانقسام في توقيت معين وفي موقع معين بحيث تعطى الأشكال ذات الانحناءات والأطوال المختلفة. وكما نرى، فإن الخلايا تكون أنسجة ذات أشكال معينة. وتتجمع الأنسجة المختلفة لتنشئ الأعضاء الداخلية المعقدة التركيب في الجسم مثل القلب والكبد والمعدة.

ولماذا يختلف الناس في أشكالهم يا أستاذنا؟

على الرغم من تشابه الجينات في أجسامنا إلا أن كلاً منا له جينات خاصة به هو. وتؤدي هذه الاختلافات في الجينات إلى تحديد لون العينين والشعر لكل واحد منا. كما أنها تحدد استعدادنا للإصابة بأمراض معينة، وتحدد نوع كل واحد منا، وتحدد ما إذا كان الواحد منا سوف يكون عنده نمش في بشرته أم لا. ليس هذا فقط، بل إن الجينات هي التي تحدد كل صفة فينا. وفي كثير من الأحيان، تتعاون العديد من الجينات في تحديد الصفات المختلفة. فكل واحد منا قد ورث خلطة من الجينات خاصة به هو، مما يؤدي إلى إنتاج خلطة من البروتينات المختلفة لكل واحد منا. واختلاف البروتينات التي تنتجها الخلايا هو الذي يجعل الخلايا تعمل بطرق مختلفة.

وتتميز الشعوب بصفات وملامح مشتركة بين أفرادها. فعلى سبيل المثال، نرى أن الخلايا المكونة لأجفان الأطفال الآسيويين تنمو وتتكاثر أكثر من الخلايا في أجفان الأطفال من أوروبا أو إفريقية. وهذا ما يجعل الشعوب الآسيوية تتميز بأجفان غليظة ذات شكل معين.



أما المثل الآخر فيوضحه لون الجلد. فالشعوب ذات
الجلد الأسمر تحتوى خلاياها على كميات أكبر من مادة
ملونة تسمى صبغة الميلانين. وكذلك فإن لون الشعر ولون
العيون تحدده الجينات الخاصة بكل واحد منا والموجودة
داخل أجسامنا منذ ولادتنا.



البويضة

هى بداية القصة

والآن لقد تعلمنا الكثير عن عمل الجينات فى خلايا الجسم وكيف تحدد الصفات التى نتميز بها.

ومن أين نحصل على الجينات؟

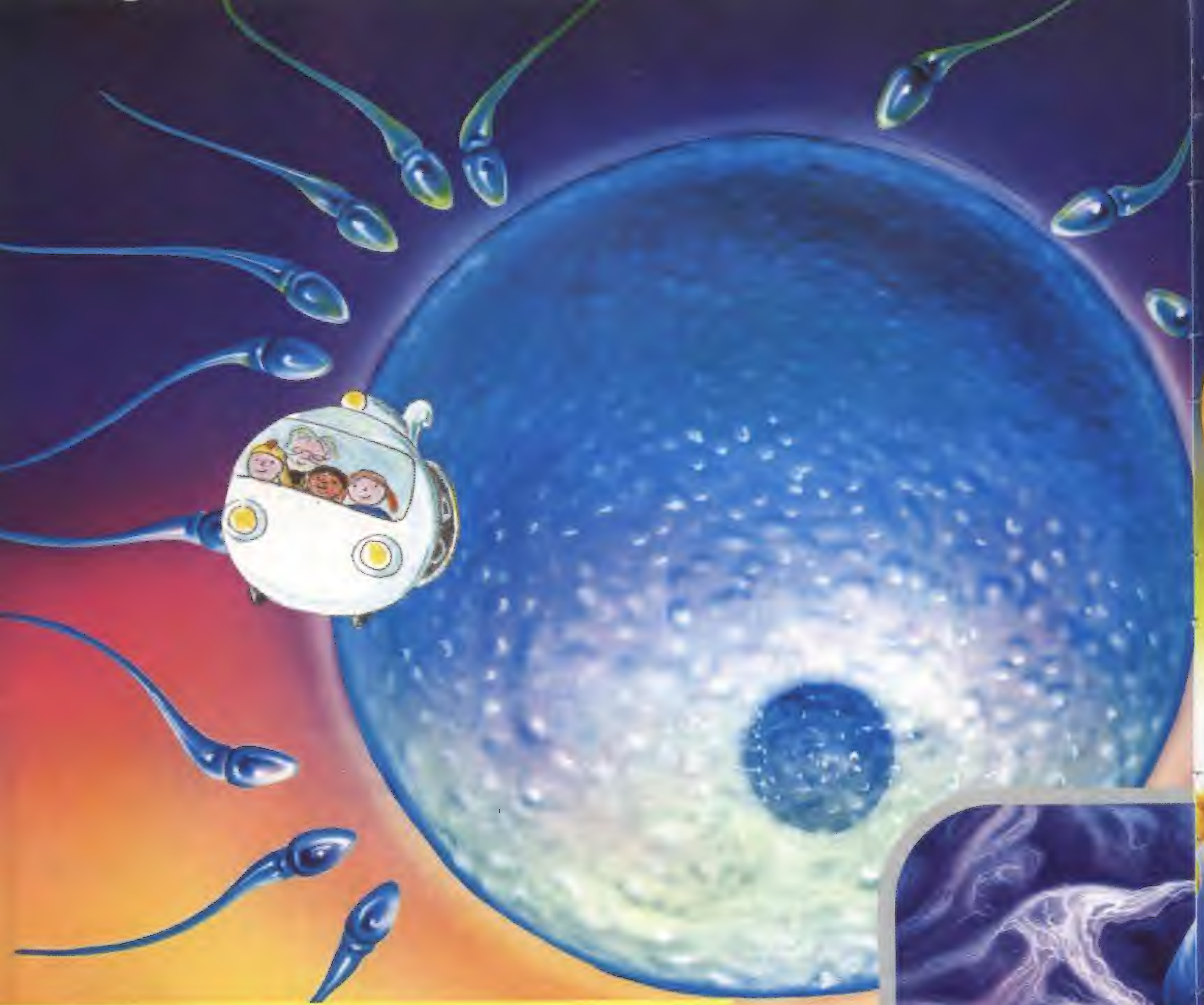
تنشأ بلايين الخلايا المكونة للجسم بأنواعها المختلفة (من الخلايا العضلية وخلايا الجلد والخلايا العصبية... الخ) من خلية واحدة هى البويضة . الملقحة . ومعها تبدأ قصة حياة كل إنسان أو حيوان . فعلى العكس مما يحدث فى الطيور، نجد أن البويضة الملقحة تستقر فى رحم الأم وتظل فيه حتى تتطور إلى إنسان صغير . وتتميز بويضة الإنسان بأنها أكبر حجماً عشر مرات من الخلية العادية . كما تنمو بويضة واحدة فى رحم المرأة مرة كل شهر .

وتتميز بويضة الإنسان بصفات أخرى خاصة بها، فهى تحتوى على 23 كروموسوماً فردياً . وهى بذلك تختلف عن خلية الجسم العادية التى تحتوى على 23 ثنائياً من الكروموسومات . وهذا يعنى أن البويضة تحتوى على نسخة واحدة من كل جين ، فهى تنقصها الـ 23 كروموسوماً الأخرى التى تحتوى على جينات الأب .

والخلية المناظرة لبويضة الأم هى خلية الحيوان المنوى من الأب . فهى أيضاً ، مثل البويضة ، تحتوى على 23 كروموسوماً فردياً ، وبالتالي تحتوى على نسخة واحدة من الجينات . وكما ترون يا أصدقاء ، فإن كلاً من البويضة والحيوان المنوى بمفردهما ليس لهما أى حيلة ولا يستطيعان أن يتكاثرا مثل الخلايا العادية الأخرى .

ولكن ألا يختلف الأمر عندما يتحد الحيوان المنوى بالبويضة؟

نعم ، هذا صحيح . فكما نرى أمامنا ، هذه الأشياء التى تسبح هى الحيوانات المنوية . وهى توجد فى أعداد كثيرة جداً على العكس من البويضة الواحدة التى تنمو كل شهر . ويتم إنتاج الحيوانات المنوية فى خصيتى الإنسان . وعلى الرغم من كثرتها ، فإن حيواناً منوياً واحداً فقط هو الذى يستطيع أن يدخل إلى خلية البويضة ويندمج معها . وتتم عملية الإخصاب باندماج الحيوان المنوى مع البويضة مما ينتج عنه ما يسمى بالبويضة المخصبة (الملقحة) والتى تحتوى على 46 كروموسوماً أى 23 ثنائياً (23 كروموسوماً تحمل جينات الأم و 23 تحمل جينات الأب) . وتحمل البويضة المخصبة كل العوامل اللازمة لتكوين إنسان جديد . فهى تحتوى الآن على نسخة من جينات الأم ونسخة من جينات الأب ، وبذلك أصبحت تحتوى على نسختين من الجينات مثل كل الخلايا المكونة لأجسامنا . ولهذا فإنها تستطيع الآن أن تنقسم مثلما تفعل الخلايا الأخرى .



وتنقسم الخلية الملقحة إلى اثنتين ثم أربعة ثم ثمانية... وتستمر الخلايا في الانقسام حتى يتم تكوين جميع أنواع الخلايا المختلفة اللازمة لبناء جسم الكائن الحي المعقد التركيب. ونطلق على مجموعة الخلايا هذه اسم الجنين. وهي تحتوى فى جيناتها على كل الصفات الوراثية التى سوف تجعل هذا الإنسان مميزا فى صفات كثيرة مثل لون الشعر وشكل الأنف.

ولماذا لا تبدو الخلية الملقحة مثل إنسان متناه فى الصغر؟

بالطبع لا تبدو كذلك لأنها ما زالت خلية. وتتشابه الخلايا ذات النوع الواحد فى كل من البشر والكلاب والضفادع. فلقد نشأ كلبنا من بويضة ملقحة تشبه إلى حد كبير البويضة الملقحة التى نشأت أنا الإنسان منها. وبالطبع فإن بويضة الكلب تحتوى على الجينات الخاصة بالكلب وهى بذلك تحدد شكل الكلب. فجينات الكلب تنتج الكلاب وجينات الإنسان تنتج البشر. ولهذا فإن ذرية أى كائن حى تشبه نفس نوع آبائها.



بنون أم بنات ؟

الخلية الملقحة لا تحتوى فقط على المعلومات اللازمة لبناء إنسان صغير، ولكنها تحتوى أيضا على كل تفاصيل المعلومات التى تحدد ما إذا كان الجنين سوف يصبح صبيا أم بنتا، وتحدد أيضا لون عينييه وحجمهما، ونبرات الصوت الذى سوف يتميز بها فى المستقبل، وأيضا أنواع الأمراض التى ربما يصاب بها فيما بعد. وبالطبع فإن بعض هذه الصفات تستغرق وقتا لكى تتضح.

وتبدأ قصة حياة كل منا بالبويضة الملقحة التى تنقسم إلى خليتين ثم أربعة ثم ثمانية... وهكذا تستمر فى الانقسام. وفى بداية الانقسام تكون الخلايا الجديدة مطابقة بعضها لبعض. ثم تتشكل هذه الخلايا على هيئة كرة مصمتة، ثم تتحول إلى كرة مجوفة تنبعج إلى الداخل بعد ذلك. وبعد مرور بضعة أسابيع، يبدأ ظهور الخلايا المختلفة فى أشكالها ووظائفها. وعلى سبيل المثال، تتحول بعض الخلايا إلى خلايا عصبية، وبعض آخر يكون الأنسجة التى تتحول فيما بعد إلى القلب. كما تتحول بعض الخلايا فيما بعد إلى خلايا مكونة للأمعاء والكلية. وجدير بالملاحظة أن جميع هذه الخلايا المختلفة تحتوى على صورة طبق الأصل من جميع الجينات التى كانت فى البويضة الملقحة.

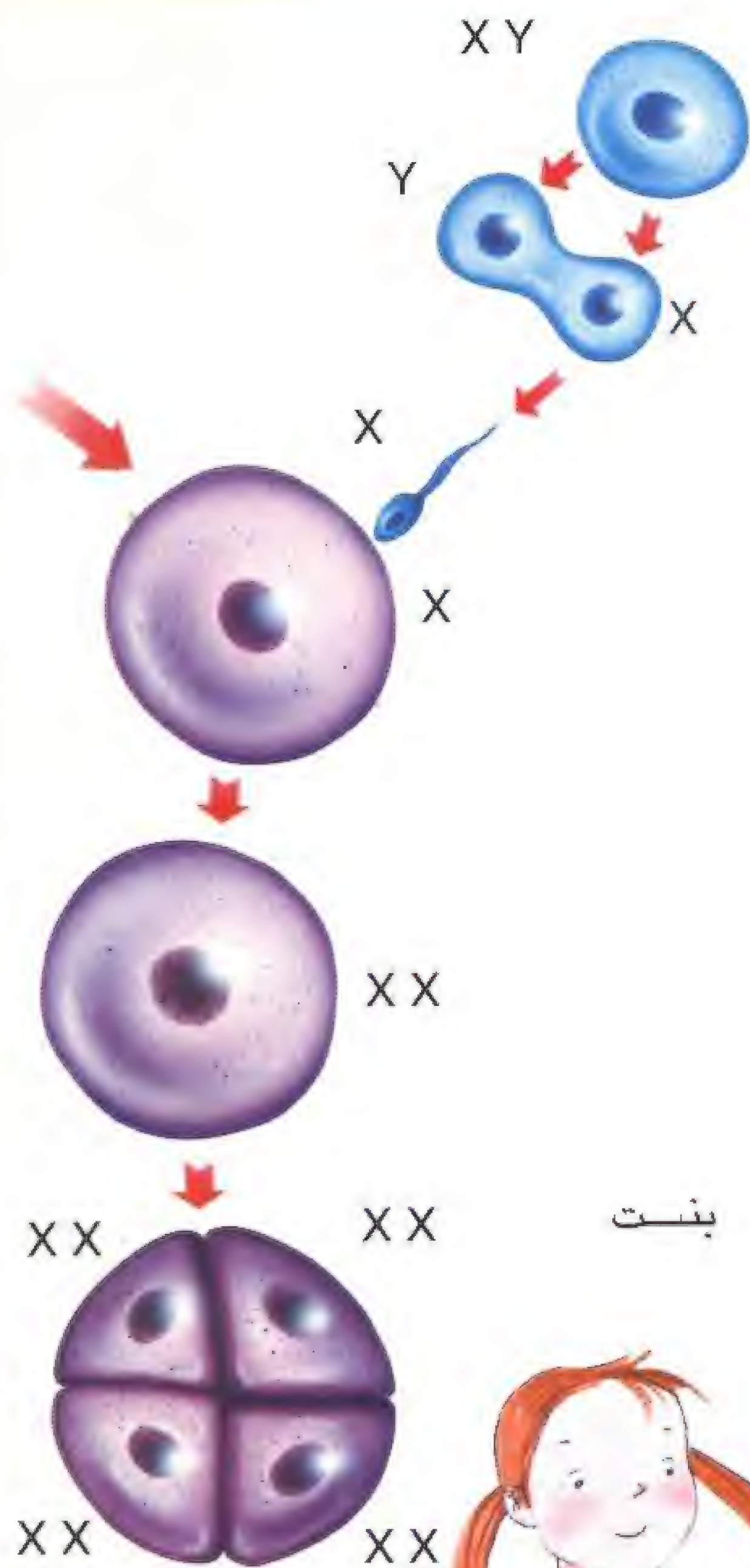
وكيف ينمو البنون والبنات، يا أستاذنا؟

فى بداية الأمر تنمو جميع الأجنة بنفس الطريقة. ثم يتبع ذلك عملية تنشيط لجين مهم، ولكن فقط فى الأجنة التى عندها الكروموسوم Y. فهذا الجين المهم يصنع بروتينا من نوع خاص، يتجه إلى مجموعة أخرى من الجينات ويوقظها من نومها لكى تنشط وتعطى التعليمات بإنتاج بروتينات جديدة. ويؤدى هذا إلى إنشاء نوع معين من الخلايا التى تتعاون بعضها مع بعض لتكوين الخصيتين. فهذه الأعضاء هى الموقع الذى يتم فيه تصنيع هرمونات الذكورة التى تحول الجنين إلى صبي ثم إلى رجل فى وقت لاحق.

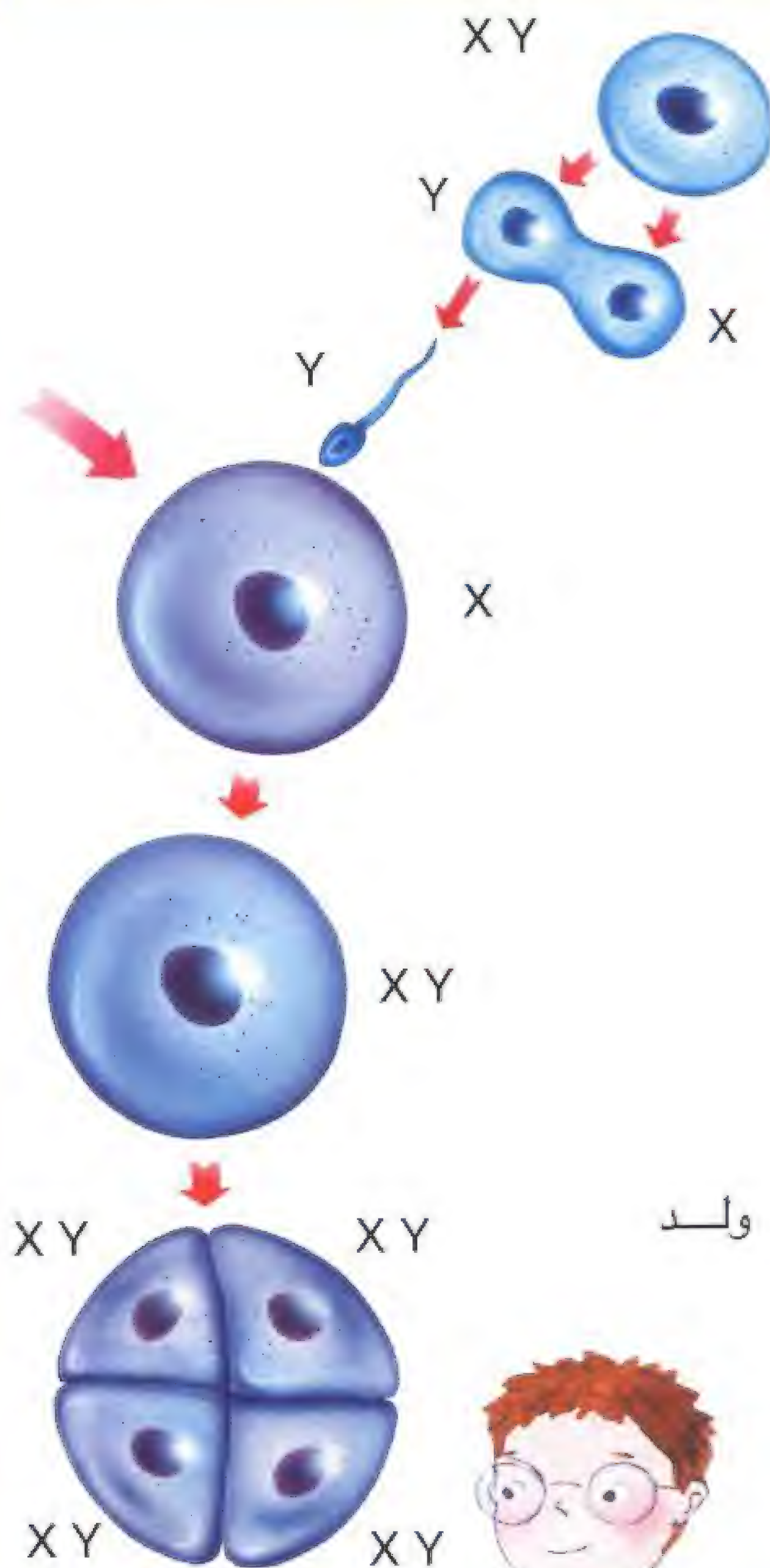
ويوجد الجين المسئول عن تكوين الصبي على كروموسوم Y فقط. لقد ذكرنا سابقا أن خلايا أجسامنا تحتوى على زوجين - أى على ثنائى - من الكروموسومات مسئولين عن تحديد جنس المولود ونسميها بكروموسومات الجنس. ونشير إلى هذين الزوجين فى خلايا البنت بكروموسومات XX، أما فى خلايا الولد فنشير XY. ولكن الخلايا الجنسية مثل البويضة والحيوان المنوى لا تحتوى على ثنائيات من الكروموسومات، وإنما على مجموعة من الكروموسومات الفردية. وهذا يعنى أن البويضة تحتوى على كروموسوم جنس واحد وهو X أما الحيوان المنوى فله اختياران، إما أن يحتوى على كروموسوم X. وإما أن يحتوى على كروموسوم Y. فعندما تلقح البويضة بحيوان منوى يحتوى على كروموسوم Y يتولد عن هذا الحدث نمو الجنين ليصبح صبيا. وإذا احتوى الحيوان المنوى على كروموسوم X فإن ذلك يؤدى إلى تكوين بنت. فخلية البويضة لا تساهم إلا بكروموسوم X لأن خلايا الأم لا تحتوى إلا على كروموسومات X. أما الحيوان المنوى فهو يستطيع أن يساهم إما بكروموسوم X وإما بكروموسوم Y. وعلى هذا الأساس فإن خلية الحيوان المنوى القادمة من الأب هى التى تحدد جنس الطفل.

وبعد تسعة أشهر من الحمل يولد الطفل الرضيع الذى يستمر فى النمو حتى العشرين من عمره. وتحتوى أجسام الذكور من الأطفال على خلايا الحيوانات المنوية، وأجسام الإناث من الأطفال على خلايا البويضات. فهذه الخلايا الجنسية من الذكر والأنثى هى التى تندمج بعضها مع بعض لتنتقل جينات الأم والأب إلى الأجيال القادمة.





بنت



ولد



لماذا نحتاج إلى الوالدين لكي نولد ؟

إن الكائنات الحية التي تتكون من خلية واحدة فقط ، مثل البكتيريا ، تتكاثر بطريقة بسيطة للغاية . فخلية البكتيريا تنقسم إلى خليتين ، كل واحدة منهما تحتوى على نسخة طبق الأصل من جينات الخلية الأصلية (الخلية الأم) ، وتسمى هذه الطريقة بالانقسام الثنائى . فخلية البكتيريا ليس لها أب أو أم بالمعنى الذى نعرفه ، فهى تقوم بعمل الوالدين معا . وعلى نفس المنوال تتصرف خلايا أجسامنا ، فهى تتكاثر مثل البكتيريا بالانقسام . وعندما يحتاج الجسم إلى خلايا جلد أو خلايا كبد جديدة ، فإن خلايا كل عضو تبدأ فى الانقسام وتستمر حتى تتكون الخلايا الجديدة بالكمية المطلوبة .

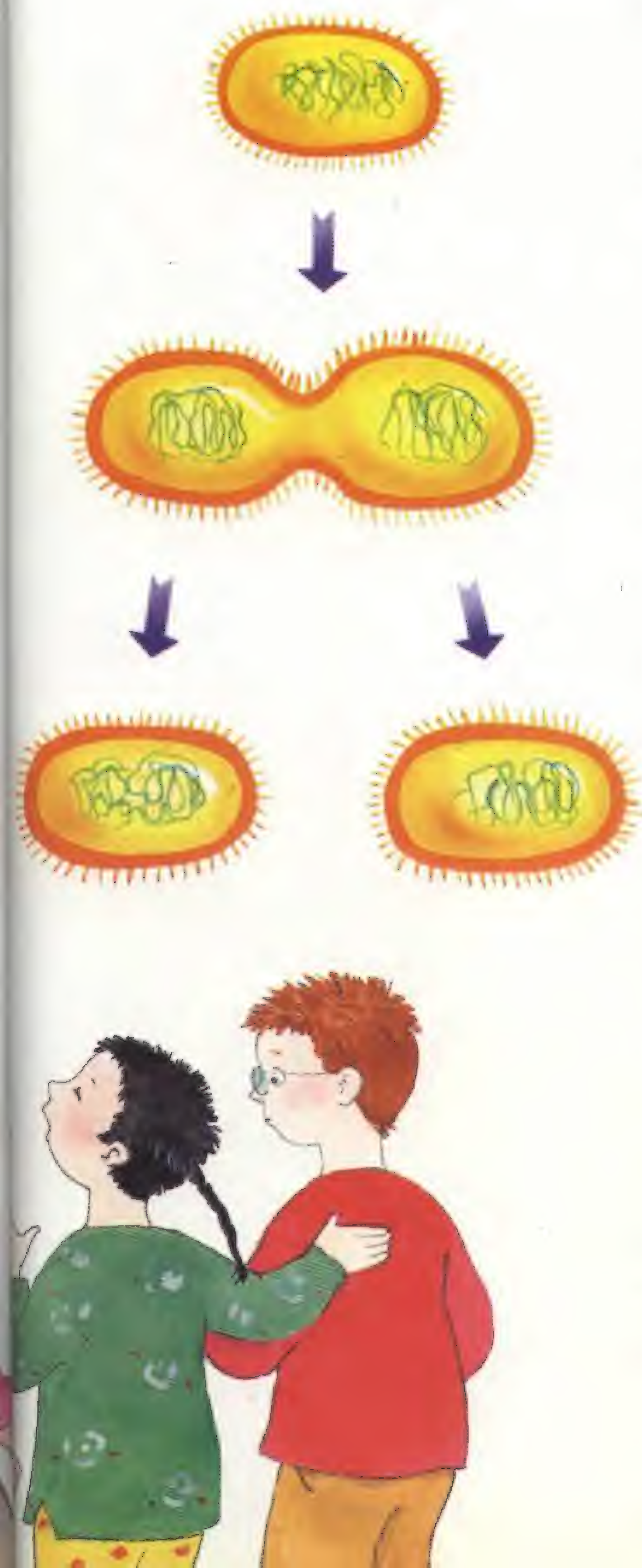
ولكن الحال أكثر تعقيدا بالنسبة للبشر ومعظم الحيوانات والنباتات . وذلك للأسباب التالية : السبب الأول ، أن أجسامنا تتكون من البلايين العديدة من الخلايا . أما السبب الثانى ، فهو أن خلايا أجسامنا لا تظل على حالتها الأولى ، وإنما تتحول ، إلى خلايا متخصصة فى القيام بأعمال معينة حتى يصبح لكل نوع من الخلايا شخصيته التى تميزه عن الأنواع الأخرى . فمع أن خلايا الجلد تحتوى على جميع الجينات اللازمة لتكوين إنسان ، إلا أنها لا تفعل ذلك ، والسبب أن كل خلية جلد قد ربطت معظم الجينات فيها بأقفال حتى لا تسمح لها بعمل بروتينات ، وفى الوقت نفسه تركت بعض الجينات التى تحتاج إليها حرة بدون وثاق لتنتج البروتينات التى تحتاج إليها فقط . ولهذا ، فإنه عندما تنقسم خلايا الجلد فإنها لا تنتج إلا خلايا جلد فقط ، دون غيرها .

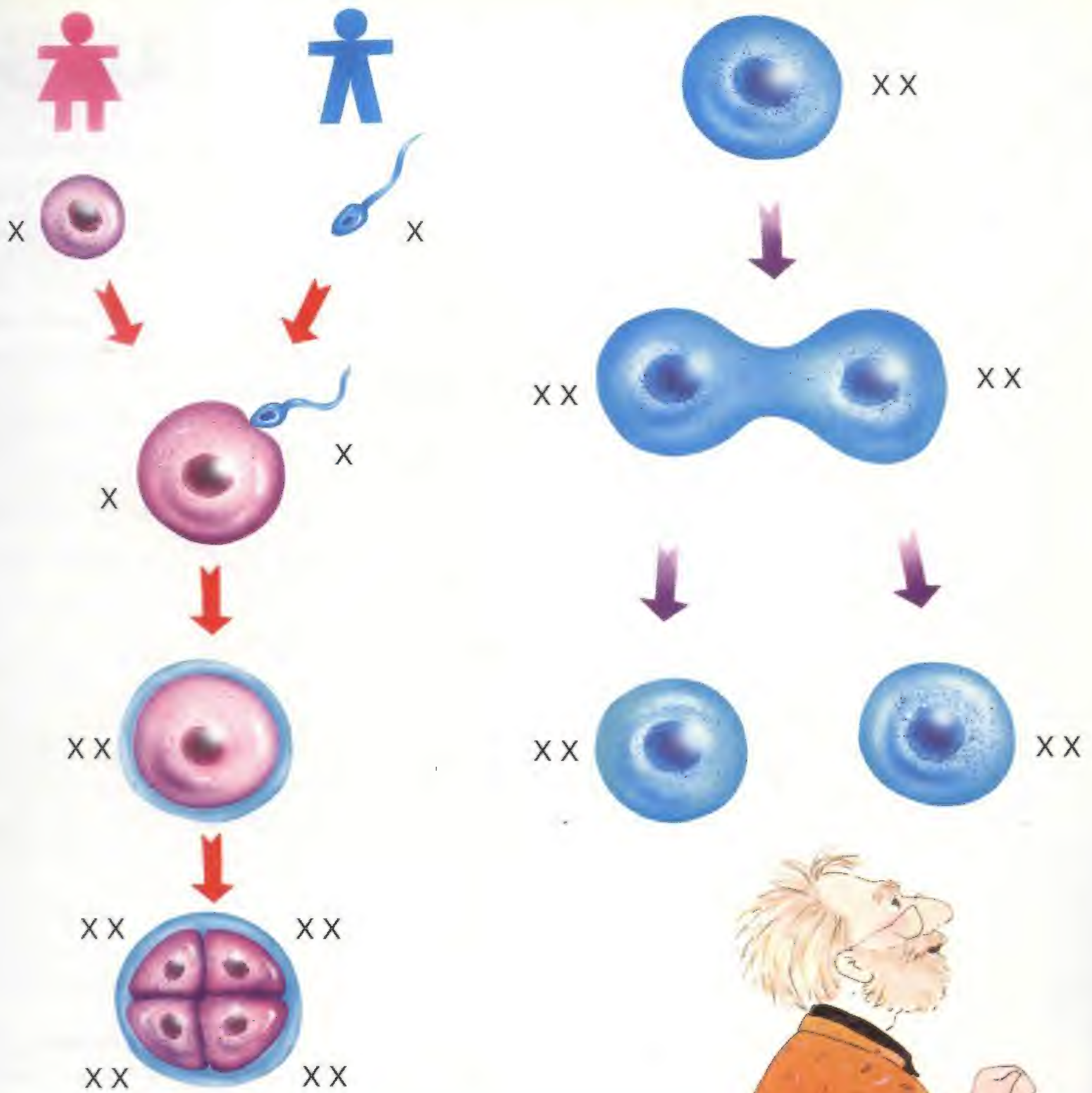
كما أننا لا نستطيع أن ننقسم من المنتصف وفى لمح البصر ... لتتحول إلى طفلين ! فالبشر والأشجار والحيوانات مثل الكلاب يحتاجون إلى خلايا غير متخصصة لكي يتكاثروا . وتلك الخلايا هى التى تكون كل الجينات فيها حرة بحيث يمكن تنشيط أى جين فى أى لحظة حسب الحاجة . فتستطيع هذه الخلايا غير المتخصصة أن تنتج جميع الأنواع الممكنة من الخلايا المميزة المتخصصة ، مثل خلايا الجلد والخلايا العصبية وخلايا الكبد .

وإليك المعلومة المهمة التالية : إن البويضة الملقحة فى جسم الأم هى تلك الخلية غير المتخصصة التى نحتاج إليها لكي نتكاثر .

وهل من الممكن أن يولد طفل دون حاجة إلى أب؟

لا . فالبويضة الملقحة لا تستطيع أن تنقسم وحدها ، ولهذا فهى تحتاج إلى الكروموسومات الموجودة فى الحيوان المنوى . فلكي يتم تكوين الجنين لابد من وجود مجموعة كاملة من الكروموسومات ، أى 23 ثنائيا منها . ولو كان الأمر خلاف ذلك لولد الأطفال بجينات مطابقة تماما لجينات الأم والجدة وجدة الأم ، ولكن فى هذه الحالة سنجد أن معظم أفراد البشر من الإناث ذات الأعمار المختلفة . وبالطبع سوف يؤدي هذا إلى انقراض جنس الرجال !!! وكما نرى يا أصدقائي ، فإن هذه الأحداث سوف تعارض القوانين الطبيعية التى أرسى قواعدها خالقنا سبحانه وتعالى . فالقوانين الطبيعية خططت بحيث تختلف جينات الأطفال عن جينات الوالدين حتى يتم إنتاج ذريات ذات صفات جديدة .





ولهذا نجد أن كلا من البويضة والحيوان المنوي يحتوى على نصف عدد الكروموسومات. وفي حالة اندماجهما معا فإنهما يكونا الخلية الملقحة التي تحتوى على مجموعة كاملة من الكروموسومات. وتحمل صفات من الأب وصفات من الأم. ثم تنقسم البويضة الملقحة حتى يتكون الجنين الذي ينمو ليعطى طفلا مميزا عن الوالدين. وهذه هي حكمة الخلق كما أرادها مدبر هذا الكون، أن يكون هناك أفراد مختلفون لينتجوا شعوبا مختلفة تتعارف وتتبادل المنافع.

ويتميز الطفل الذي ينشأ من الخلية الملقحة بأنه يحمل جينات انتقلت إليه من شخصين، من والديه. وكل واحد من الوالدين هو الآخر قد ورث جيناته من شخصي الجد والجدة... وهكذا تستمر عملية نقل الجينات والصفات من جيل لآخر.



خلطة الجينات

نرى هنا عملية إنتاج الخلايا الجنسية التي تحدث في نواة الحيوان المنوي أو نواة البويضة.

1

1 - سوف نبدأ بخلية منتجة للحيوانات المنوية، وهي تحتوي على 23 ثنائيا من الكروموسومات مثل أى خلية فى الجسم. ولتوضيح ما يحدث، سوف ننظر إلى زوجين من الكروموسومات .

2 - يلتصق الكروموسومان فى الزوجين بعضهما ببعض (الأخضر بالأزرق). ويوجد على كل واحد منهما نفس النوع من الجينات التى تؤدى نفس الوظائف وتحتل نفس الموقع فى الكروموسومين. والآن يحدث الإنجاز المهم: تنكسر سلسلتا الدنا فى الكروموسومين فى نفس الموقع وتعبير الأطراف الحرة الخاصة بالكروموسوم الأول لتلتحم مع الأطراف الحرة الخاصة بالكروموسوم الثانى. وبهذا يصبح كل كروموسوم خليطا من الاثنين.

3 - وبعد خلط الجينات، فإن الكروموسومين يبتعدان بعضهما عن بعض مرة أخرى. فلقد تسلم كل كروموسوم خليطا فريدا من الجينات خاصة به وحده.

4

نطلق على كل من البويضة والحيوان المنوي اسم الخلايا الجنسية، كما أن الطريقة التى تتحد بها هاتان الخليتان لتكوين طفل جديد تسمى بالتكاثر الجنسي.

وهل تنمو الخلايا الجنسية من خلايا الجسم الطبيعية؟

نعم ، هذا صحيح. ولكن عملية النمو هذه تتم بطريقة خاصة وتتم فى المبيضين فى جسم الأم وفى الخصيتين فى جسم الأب. فهنا لنلقى نظرة على كيفية إنتاج الحيوانات المنوية .

تحتوى الخلايا المنتجة للحيوانات المنوية على 23 ثنائيا من الكروموسومات. فكيف إذن تنتج الحيوانات المنوية التى تحتوى على نصف هذا العدد؟

ولماذا لا تتوزع الكروموسومات إلى نصفين؟

حسنا ، ربما يبدو هذا بسيطا : أن تنقسم الخلية إلى اثنتين وتنقل نصف الكروموسومات إلى حيوان منوي والنصف الآخر إلى الحيوان المنوي الثانى. ولكن الحقيقة أن الأمر ليس بهذه البساطة.

فقبل أن تنقسم الخلية إلى خليتين تحدث عملية انقسام الكروموسومات، وهى تتم كالتالى : أولا : تختلط الكروموسومات بعضها مع بعض جيدا. ثم تتحرك الكروموسومات المتشابهة لتتزوج بحيث إن الكروموسومين المكونين لكل زوجين يتحركان معا، ويقف كل منهما بمحاذاة الآخر ويقتربان حتى تصبح الجينات المتشابهة وكأنها تتقابل وجها لوجه . وعندئذ يتقطع الكروموسومان فى نفس المواقع، ثم ترتبط قطعة من كروموسوم مع قطعة من الكروموسوم الآخر ليكونا فى النهاية زوجين من الكروموسومات المخلطة، أى أن كل واحد منهما يحتوى على أجزاء من الآخر (لاحظ الأجزاء الخضراء والزرقاء المكونة للكروموسوم الواحد). وتحدث هذه العملية فى كل الكروموسومات المتزاوجة.

والآن وفقط بعد هذا التخليط العشوائى بين قطع الكروموسومات، تصبح الخلايا المنتجة للحيوانات المنوية على استعداد للانقسام. فتتقسم الكروموسومات بالتساوى بين الحيوانات المنوية الجديدة. وبهذا يحصل كل حيوان منوي على خلطة من الجينات مميزة، ولا توجد فى الحيوان المنوي المجاور له (لاحظ اختلاف الأجزاء الخضراء والزرقاء فى كل حيوان منوي). وبهذه الطريقة، يرث كل طفل من أبيه خلطة عشوائية من الجينات التى ورثها والده من والديه.

وتحدث نفس خلطة الكروموسومات فى الخلايا التى تنتج البويضات. وأيضا تحصل كل بويضة على خلطة من الجينات المميزة والخاصة بها مما يجعل الجينات فى أى بويضة تختلف عن الجينات فى البويضة الأخرى. وبالطبع يؤدى هذا إلى إنتاج طفل له خلطة مميزة من الجينات خاصة به وحده، وهى نفس الخلطة التى كانت فى البويضة الملقحة التى نشأ منها. فكل طفل يحصل على تشكيلة فريدة من الجينات لم تظهر من قبل على هذا الكوكب ولن تظهر أبدا مرة أخرى. فكل واحد منا له صفاته الفريدة والخاصة به التى تميزه عن والديه وإخوته وأخواته.



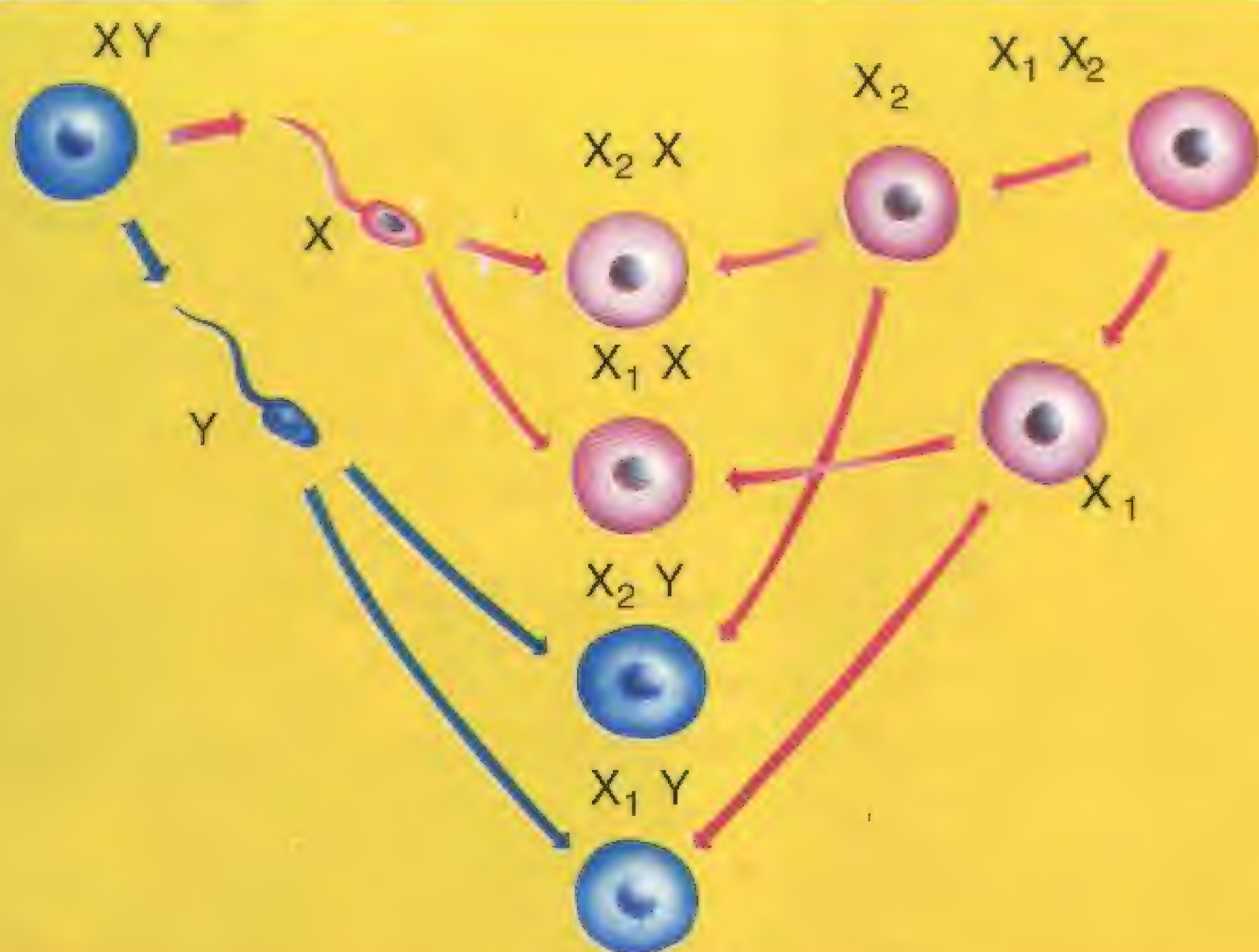
4 - والآن تبدأ الخلية في الانقسام، فتنتج خليتين من الحيوانات المنوية. فتحصل الخلية الأولى على واحد من زوجي الكروموسومات المختلطة الجديدة، وتحصل الخلية الثانية على الكروموسوم الثاني. ثم ينقسم كل حيوان منوي إلى اثنين، فيتكون بذلك أربعة من الحيوانات المنوية. وبذلك تصبح الجينات الموجودة في خلية أي حيوان منوي مختلفة عن جينات خلية الأب، ومختلفة أيضا عن جينات أي حيوان منوي آخر في الوجود.

ونفس الأحداث السابقة تنطبق على البويضات. وأخيرا، أريد أن أذكركم بأن الخلايا الجنسية (البويضة والحيوان المنوي) لا تحتوي على كروموسومات مزدوجة بل على كروموسومات فردية. ولكن عندما تتحد هذه الخلايا الجنسية بعضها مع بعض تتكون البويضة الملقحة التي تحتوي الآن على 23 ثنائيا من الكروموسومات. فالبويضة الآن معدة ومهيأة لتكاثر وتكاثر حتى يتكون الطفل الوليد.



ولماذا يكون عدد المواليد من البنات والأولاد متساويا؟

هيا بنا نفكر ونبحث في هذا الأمر معا. الخلية التي تنتج البويضة تحتوي على اثنين من كروموسومات X ولنشر إليهما بـ X_1 و X_2 . ومن البديهي أنه عندما تنقسم فإن كل خلية جديدة (بويضة) سوف تحصل على كروموسوم X واحد فقط. أي أن البويضة الجديدة من الممكن أن نسميها ببويضة X_1 أو ببويضة X_2 على حسب كروموسوم الـ X الذي تحصل عليه. ونفس الشيء ينطبق على الخلايا التي تنتج الحيوانات المنوية. فهذه الخلايا تحتوي على كروموسوم X وكروموسوم Y. وعندما تنقسم فإن خلية حيوان منوي



تحصل على كروموسوم X (نسميه حيوان منوي X). والخلية الأخرى تحصل على كروموسوم Y (نسميه حيوان منوي Y). وعندما تخلط البويضات مع الحيوانات المنوية، فإن هناك أربعة احتمالات للبويضة المخصبة:

- 1- أن تندمج ببويضة X_1 مع حيوان منوي X ليكونا البويضة المخصبة X_1X التي تنتج بنتا.
- 2- أن تندمج ببويضة X_1 مع حيوان منوي Y ليكونا البويضة المخصبة X_1Y التي تنتج صبيا.
- 3- أن تندمج ببويضة X_2 مع حيوان منوي X ليكونا البويضة المخصبة X_2X التي تنتج بنتا.
- 4- أن تندمج ببويضة X_2 مع حيوان منوي Y ليكونا البويضة المخصبة X_2Y التي تنتج صبيا.

وكما ترون، فإن نصف الاحتمالات يعطى بنين والنصف الآخر يعطى بنات. ولكن فرصة أن يحصل الوالدان على ابن أو بنت هي فرصة تعتمد على الصدفة. أي تعتمد على حدوث أي احتمال من الأربعة. فبعض العائلات تنجب بنين فقط، وعائلات أخرى تنجب بنات فقط. وعلى العموم، فإننا نجد أن عدد البنات يساوي عدد البنين الذين يولدون كل عام في العالم كله.

من كل جين، اثنان !

تحتوى جميع خلايانا (ماعداء الخلايا الجنسية) على حصتين من الجينات المتشابهة. وإذا نظرنا إلى زوجي الكروموسومات المتماثلة فإننا نجد أن الجينات المتشابهة عليها تقع على نفس المستوى أمام بعضها. فكل اثنين من الجينات المتشابهة يحتويان على معلومات لصنع بروتين معين، كما يتم تنشيطهما معا وخدم نشاطهما معا.

وعادة ما تكون الجينات على كل زوجين من الكروموسومات متشابهة. وفي بعض الحالات تتخذ أزواج الجينات أشكالا وصورا مختلفة (alleles). مثلا، الجينات التي تحدد لون الشعر تأتي في أشكال مختلفة. فمثلا، قد يحتوى الجين الذي جاء من الأم على معلومات تقول: "اجعل لون الشعر أسود". ويحتوى الجين الذي جاء من الأب على معلومات تقول: "اجعل لون الشعر أشقر". فيقوم كل واحد من الجينات المتماثلة بإنجاز ما يريده. فماذا سيكون لون شعر الطفل؟

هل سيكون الشعر خليطا بين أسود وأشقر؟

لا، فهذا مستحيل. لأنه إذا حدث هذا فإنه يعنى أن الخلايا فى جذر شعرة ما عليها أن تختار واحدا من أشكال الجينات (الجين الذى ينادى بالشعر الأسود) والخلايا فى جذر شعرة أخرى عليها أن تختار الشكل الآخر للجين (الذى ينادى بالشعر الأشقر). ولكن هذا الاختيار الحر لا يحدث فى الحقيقة. فالذى يحدث هو انتصار الجين الذى ينادى بالشعر الأسود. ويكمن السبب فى أن الجينات الخاصة بالشعر الأسود أقوى من الجينات الخاصة بالشعر الأشقر. ولهذا نطلق على جينات الشعر الأسود «الجينات السائدة». فهي تنتج كميات مختلفة من البروتين فى جذر كل شعرة. أما الجينات التى لا تسود على الرغم من وجودها فإنها تسمى «الجينات المتنحية».

وفى بعض الأحيان يكون أحد الجينات غير سليم، ولا يستطيع أن ينتج البروتين السليم أيضا. وبالطبع فى حالة نقص البروتينات المهمة من الجسم فإننا نصبح مرضى. ولكن، لحسن الحظ، هناك شكلان لكل جين. فإذا حدثت مشكلة مع أحد الجينات يقوم الشكل الآخر للجين بالعمل وينهيه على خير وجه. وإذا كان هناك جين غير سليم ولم يتسبب فى حدوث أى أمراض فإننا نعتبر هذا الجين متنحيا.

وهل تنتج جميع الأمراض من جينات غير سليمة؟

بالتأكيد لا. فنحن نمرض عندما نصاب بالأمراض المعدية التى تسببها البكتريا والفيروسات، وليس بسبب الجينات غير السليمة. ومع ذلك، فإن الجينات تساهم فى استعداد الجسم لمحاربة العدوى. أما الأمراض التى تنتج بسبب جينات غير سليمة، فهي الأمراض الوراثية - أى التى يرثها الإنسان من والديه مثل مرض الهيموفيليا أو سيولة الدم.





حالات التوائم والأخوة الآخرين

X

والآن يا أصدقائي ، يتضح لنا لماذا يأخذ الطفل صفة الأنف القصير من جده والشعر الأشقر من جدته بالرغم من سواد شعر وطول أنف والديه. فإذا اجتمع الجينان المسئولان عن صفة الشعر الأشقر أو عن صفة الأنف القصير في الدنا الخاص بالطفل فإن هذين الجينين يحددان شكل الطفل على الرغم من عدم تأثيرهما في الوالدين (لأنهما لم يجتمعا معا بنفس الطريقة في الدنا الخاص بالوالدين).

X

وهناك الآلاف العديدة من التشكيلات المختلفة للجينات التي تحدد صفة معينة. ففي كل مرة تخصب فيها أي بويضة، يتم تكوين تشكيلة أو خلطة جديدة من الجينات تختلف عن أي تشكيلة سبقتها. خذ مثلاً على ذلك صفة لون الشعر. فكما تعلم، هناك آلاف الدرجات المختلفة للون الشعر وتجيء كل درجة من تشكيلة جينات معينة. وينطبق الشيء نفسه على كل الصفات الأخرى مثل شكل الأنف، حجم الجسم، نبرة الصوت، وحتى الصفات المعقدة التركيب مثل الموهبة الموسيقية. ولهذا فهناك الآلاف العديدة من الطرق المختلفة التي تجعلنا نحن البشر مختلفين فيما بيننا. وتتحدد الكثير من الصفات بواسطة العشرات وحتى المئات من الجينات التي تتفاعل بعضها مع بعض لتحديد صفة معينة. فالصفات التي نتخذها ما هي إلا نتاج التشكيلة الفريدة والمميزة من الجينات التي نرثها من الوالدين والأجداد وجميع أسلافنا السابقين.

X

X

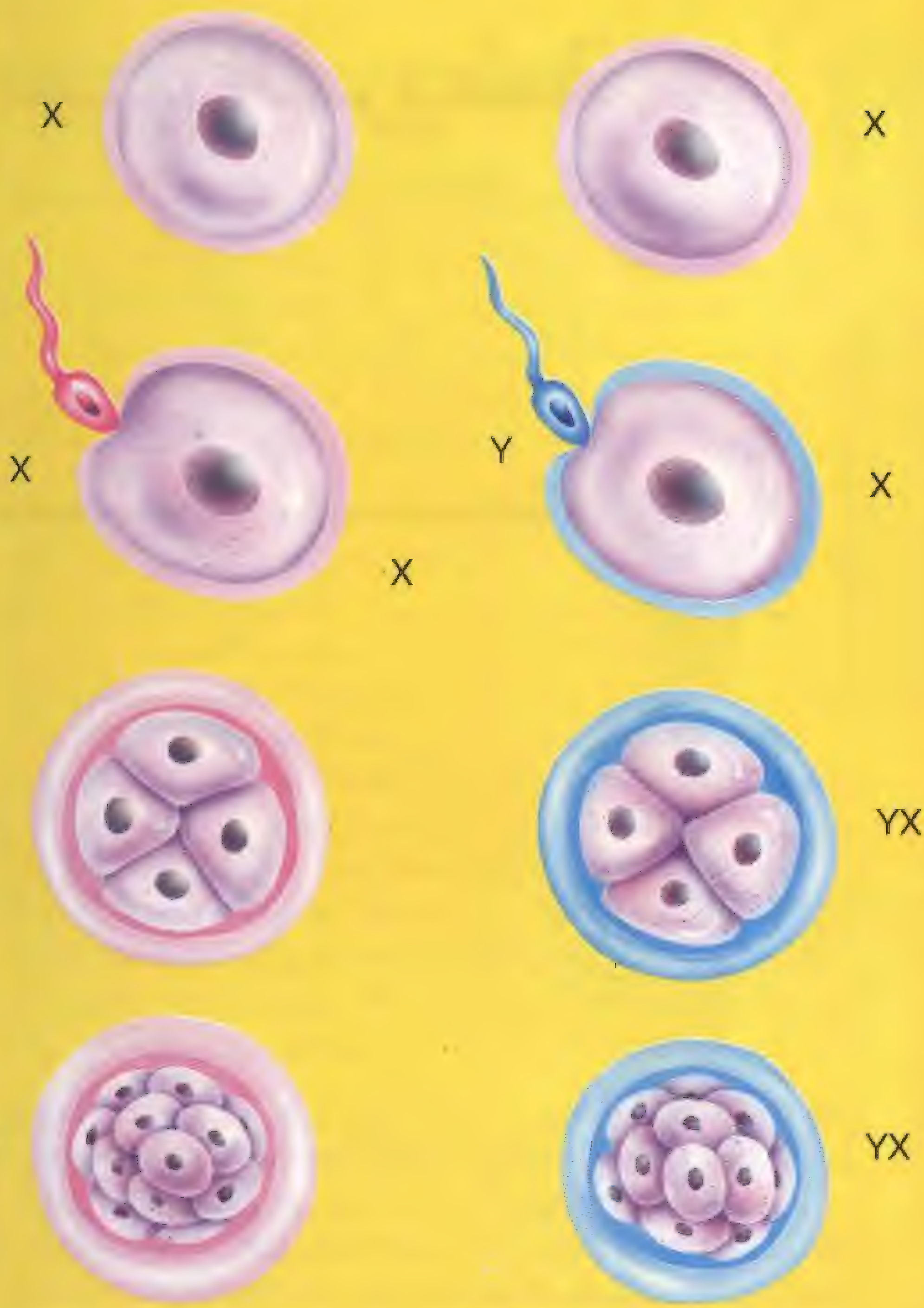
وماذا عن حالة التوائم يا أستاذنا؟

بالطبع تختلف جينات التوائم عن جينات الوالدين. وتتميز حالة التوائم المتشابهة بوجود شخصين يحملان نفس التشكيلة من الجينات. والسبب في ذلك هو أن التوأمين المتشابهين ينشآن من نفس البويضة المخصبة. فبعد أن تنقسم البويضة لتكوّن أول كرة صغيرة من الخلايا غير المميزة تنقسم هذه الكرة إلى نصفين، وينمو كل نصف مستقلاً عن الآخر فينتج بذلك جنينان متشابهان في كل شيء. ولا تحدث هذه العملية إلا في حالات نادرة. ويتكون في هذه الحالة فقط - شخصان لهما نفس التشكيلة من الجينات مما يؤدي إلى تشابه كبير يصعب معه التمييز بينهما. فنجد أن التوأمين المتشابهين يحملان نفس الجنس ونفس لون الشعر والعينين... إلخ. وغالباً ما نجدهما يشتركان في معظم العادات والسلوك. وإذا تم فصل واحد من التوأمين عن الآخر ليعيش بعيداً مع عائلة أخرى فسوف نجدهما، على الرغم من ذلك، يشتركان في بعض أو ربما معظم عاداتهما وسلوكهما.

XX

XX

وتحتوي نسخ الكائنات الحية وهي ما تسمى Clones على نفس التشكيلة من الجينات. ولهذا فإن التوأمين المتشابهين يعتبران نسختين متطابقتين تكونتا عن طريق الصدفة. وبلا شك هناك توائم من نوع آخر يختلف بعضها عن بعض في الصفات، وذلك لأنها تختلف في الجينات. ونطلق على هذا النوع اسم التوائم المتأخية. حيث يتكون التويمان من بويضتين مخصبتين مختلفتين (كل بويضة مختلفة وخصبت بحيوان منوي مختلف). وعلى هذا الأساس فإنه إذا تم تخصيب أكثر من بويضة في نفس الوقت، ينتج عن هذا تكوين أخوة وأخوات يحملون جينات مختلفة. ولهذا نجد أن التوأمين المتأخيين يختلفان في الشكل والجنس مع أنهما يشتركان في يوم الميلاد.



الچينات المريضة

تعتبر الكائنات الحية . مثل البشر والحيوانات . كائنات محظوظة لأن الله تعالى قد حباها بحصتين من الجينات لكل صفة (حصة من الأب وحصة من الأم). وهناك فائدتان لذلك ، أولا هما أن هاتين الحصتين من الجينات تجعلاننا مختلفين في الصفات والسلوك . أما الثانية والأهم فهي أنه يوجد جين احتياطي لكل جين . وتظهر فائدته الكبرى في حالة إصابة أحدهما .

وهل يكون لجين واحد غير سليم أى تأثير؟

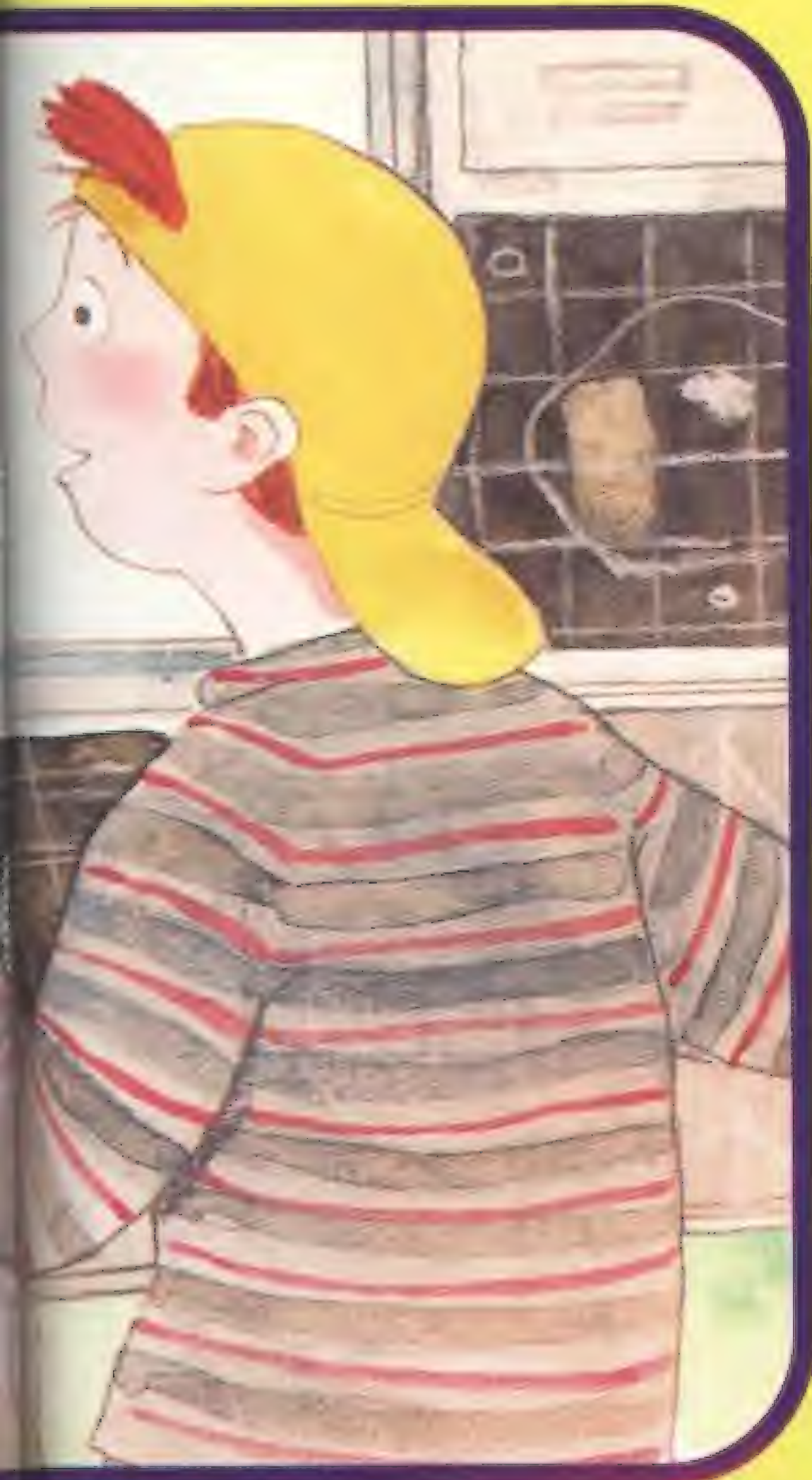
حسنا . فى أغلب الأحيان تكون الجينات غير السليمة متنحية (أى أن أثرها لا يظهر على الرغم من وجودها). فنحن نعلم أن وظيفة الجينات هى إنتاج البروتينات . وفى حالة وجود جين غير سليم ، فإنه إما أن يفشل فى إنتاج البروتين الخاص به و إما أن يؤدي إلى إنتاج بروتين غير سليم (لا يؤدي عمله كما يجب). ومن حسن الحظ أنه فى حالة إصابة جين فإن الجين الآخر الخاص بنفس الصفة يعوض النقص ويقوم بنفس العمل على أحسن وجه. فيقوم هذا الجين السليم بإنتاج البروتين المطلوب . ومن الممكن أن نشبه هذه العملية بطائرة فى السماء يمرض قائدها فجأة فيأخذ القائد الاحتياطي زمام الأمور حتى تصل الطائرة إلى غايتها بالسلامة . وبالطبع ، فإن الركاب فى هذه الحالة لا يشعرون بما يجرى إذ يكون قائد الطائرة فى حالة "متنحية" . ولحسن الحظ فإنه من النادر أن يمرض قائدا الطائرة فى الوقت نفسه . كما هو من النادر أن نرث جينين غير سليمين .

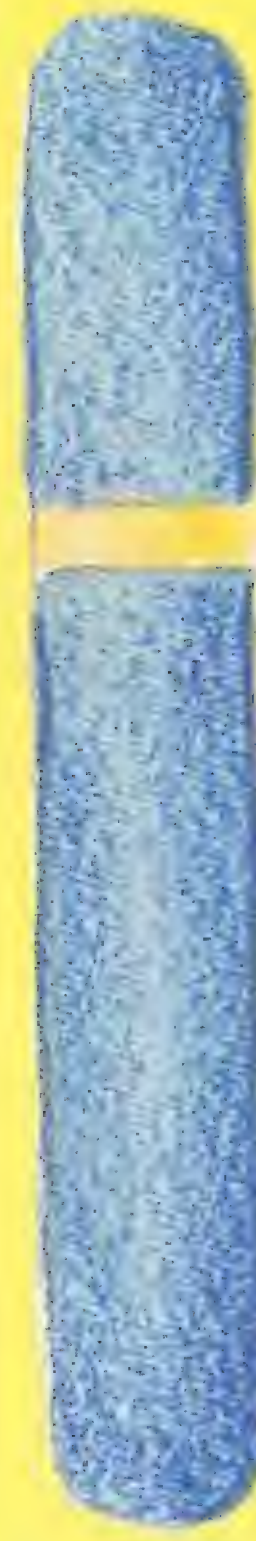
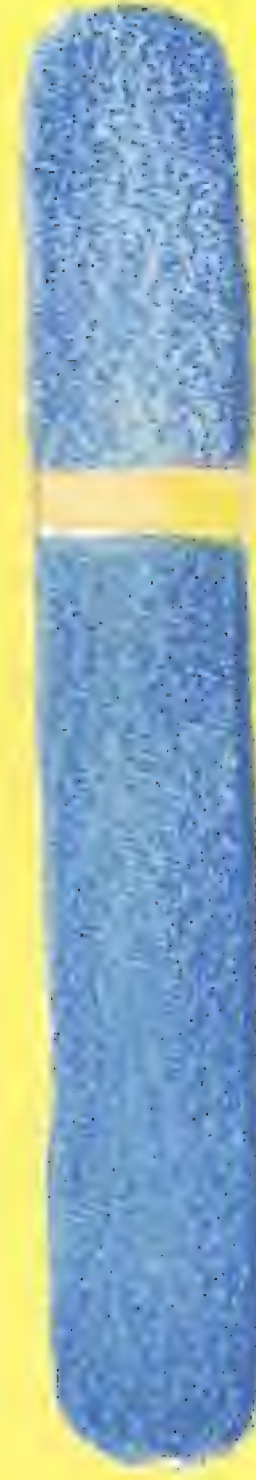
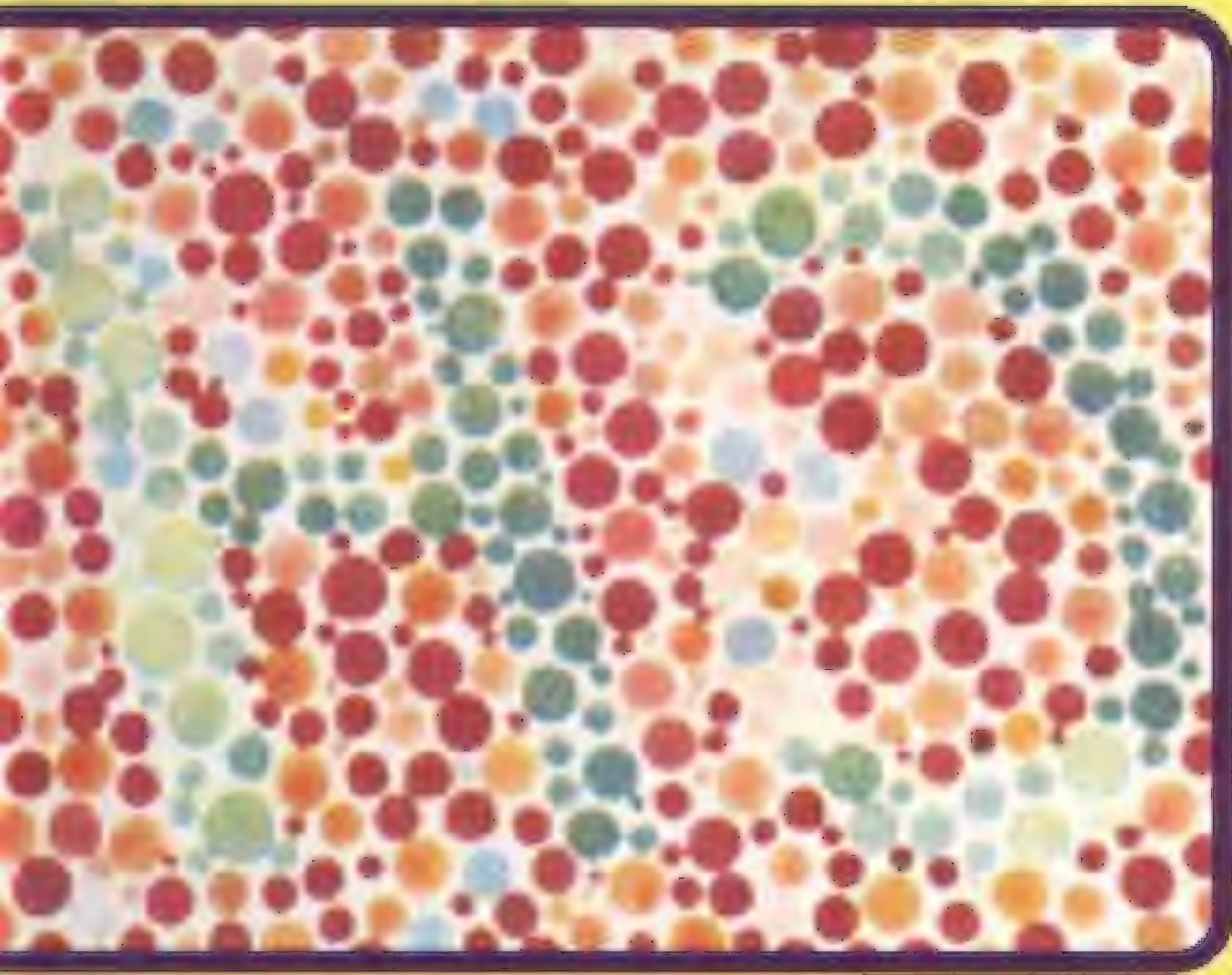
ولكن فى بعض الحالات يكون لجين واحد غير سليم تأثير كبير . ومثلنا هنا هو البروتين الذى يساعد على تخليص الجسم من السموم . فإذا أصبح أحد الجينين (الخاصين بهذا البروتين) غير سليم . فإن ذلك يعنى أنه سيتم إنتاج البروتين بواسطة الجين الآخر . أى أن كمية البروتين التى سوف تنتج ستكون نصف الكمية الطبيعية . وبالطبع . سوف يؤدي هذا إلى تراكم السموم ، بالضبط مثلما يحدث عندما تتراكم القمامة بسبب تعطل نصف عربات نقل القمامة فى المدينة . وفى هذه الحالة . سوف يعاني المرضى من أعراض مرض وراثي بسيط على الرغم من أنهم يحملون الجين السليم الآخر .

وهل توجد جينات لا يكون لها جينات احتياطية؟

نعم ، للأسف . هل مازلت تتذكرون أن البنين عندهم كروموسوم X بالإضافة إلى كروموسوم Y؟ حسنا ، كروموسوم X هذا يحتوى على جينات غاية فى الأهمية لا توجد فى كروموسوم Y ، فبعضها يساعد فى إنتاج البروتينات التى تكون الجلطة فى حالة الجروح . وبدون هذه البروتينات فإن سيل الدم لن يتوقف حتى فى حالة الجروح الصغيرة . وهذا ما نطلق عليه اسم مرض سيولة الدم أو الهيموفيليا . والآن عرفنا لماذا يكون معظم مرضى سيولة الدم من البنين .

يوجد الجين المسئول عن تمييزنا للألوان على كروموسوم X فى زوجي الكروموسومات رقم 23 (ويسميان زوجي كروموسومات الجنس). وكما تعلمون فللبنتان اثنتان من كروموسومات X ، فإذا كان أحد جينات اللون غير سليم ، فإن البنت سيكون لديها جين احتياطي على كروموسوم X الآخر . وبالتالي لن تعاني البنت من أى مشكلات فى تمييز الألوان . أما فى حالة البنين ، فالأمر يختلف تماما ، فالبنون لديهم كروموسوم X واحد فقط ، وإذا حدث وكان جين الألوان الوحيد لديهم غير سليم فإنهم سوف يصابون بعمى الألوان .





انظروا جيدا إلى هذه الصورة أمامكم. هل يمكنكم التعرف على شكل «CH»؟ فإذا قرأها أحدكم وكأنها «31» فربما يدل هذا على أن هناك مشكلة في تمييز الألوان، ومن الأفضل أن تسأل والديك عن وجود أقارب لك مصابين بعمى الألوان.

وهل يوجد عند البنات جين احتياطي خاص بتجلط الدم؟

نعم. فالبنات والسيدات عندهن اثنان من كروموسومات X يحتويان على نفس الجينات بما فيها جينات تجلط الدم. وعلى العكس من ذلك، فالبنون ليس لديهم جين احتياطي لأن لهم كروموسوم Y بدلا من كروموسوم X الثاني. ولهذا فإنه إذا أصيب جين التجلط في الصبي فسيعاني من مرض سيولة الدم.

وبالمناسبة، فهناك بعض الجينات المهمة الأخرى التي توجد على كروموسوم X. فالجين الذي يجعل العين تميز بين الأحمر والأخضر يوجد على هذا الكروموسوم. وإذا أصيب هذا الجين فإنه يؤدي إلى الإصابة بعمى الألوان. ولهذا السبب نجد أن البنين غالبا ما يصابون بعمى الألوان أكثر من البنات. فالبنون عندهم نسخة واحدة من هذا الجين، أما البنات فلديهن نسخة احتياطية لهذا الجين.



الطفرات الجينية

تتصف الخلايا بمهارة فائقة في نسخها للشريط الوراثي الدنا. ففي كل ثانية من حياتنا، تنقسم أعداد هائلة من الخلايا وتنتج معها نسخاً من بلايين الحروف الوراثية. وفي حالات نادرة فقط، يحدث خطأ في جين في خلية ما ولكنه عادة لا يتسبب في أى مشكلات، وذلك لأنه يوجد جين احتياطي يعوض النقص في هذه الخلية. أضف إلى ذلك أن هناك الملايين من الخلايا الأخرى التي تستطيع أن تقوم بوظائف الخلية المريضة.

ويكون للأخطاء في الجينات تأثير كبير عندما تحدث في الخلايا الجنسية، لأن خلايا كل من البويضة والحيوان المنوى تنقل جميع جيناتها بما فيها غير السليمة إلى جميع خلايا جسم الطفل بما فيها الخلايا الجنسية. ونطلق على هذا النوع من الأخطاء الجينية اسم «الطفرات»، وهي عبارة عن تغيرات تحدث في الجين الموجود في الخلايا الجنسية، وبالتالي فإنها تنتقل إلى الأجيال الجديدة في المستقبل.

وماذا يحدث للجينات ذات الطفرات؟

كما قلنا سابقاً، لا يكون للجين ذي الطفرة أى تأثير مادام هناك نسخة أخرى سليمة من هذا الجين تعوض النقص وتقوم بالعمل الواجب عليها. وبالطبع يتم نقل الطفرة إلى الأطفال مثلما ينقل الجين السليم.

وفي بعض الحالات يكون لكل واحد من الأب والأم صورة من جين يحتوى على طفرة وصورة سليمة من نفس الجين. وهناك بضعة احتمالات بخصوص نقل الطفرة إلى طفلهما. وأحد هذه الاحتمالات أن يحصل الطفل على نسختين من الجين السليم (نسخة من الأب ونسخة من الأم) وهذا الأفضل بالطبع. والاحتمال الأسوأ أن يحصل الطفل على نسختين من الجين ذي الطفرة (لأن كل واحد من الوالدين لديه نسخة منه). وفي هذه الحالة يصبح الطفل مريضاً على الرغم من كون والديه سليمين (لأن كل واحد منها عنده جين سليم احتياطي). وهناك مئات الأنواع من الأمراض الوراثية التي يعاني منها بعض البشر. ومعظم هذه الأمراض لا يتم الشفاء منها بسهولة، كما أن المرضى في هذه الحالات يتعاطون الأدوية بصفة مستمرة طوال حياتهم.

وهل تكون الطفرات خطيرة في جميع الحالات؟

إطلاقاً، فبعض الطفرات تكون مفيدة وحميدة وطريفة جداً. والحقيقة أننا جميعاً نتاج طفرات حميدة حدثت في أجسام أسلافنا السابقين، ونتج عنها صفات مثل الأنف القصير، والشعر الأحمر، أو شحمة أذن لها شكل معين. فهذه الطفرات في الجينات تنتج أشكالاً متنوعة من الناس من حولنا. وهذا الاختلاف شيء حسن كما أعتقد. فإننا نريد أن نتعرف ونميز بين الناس من أول نظرة. أليس كذلك؟

وتنتج بعض الطفرات تغييرات مفيدة أخرى مثل وجود صفة الجلد الأسمر اللون عند الناس الذين يعيشون في المناطق الحارة ذات الشمس القوية. فالجلد الأسمر يتحمل أشعة الشمس أكثر من الجلد الفاتح اللون. ذلك لأن خلايا الجلد الأسمر تنتج كمية أكبر من البروتين الذي يصنع مادة الميلانين التي تحمي الجلد من حروق الشمس. وعلى العكس من ذلك، فإن

تتخذ خلايا الدم الحمراء الموجودة في أجسام الأمريكيين من أصل إفريقي شكل المنجل، على العكس من الخلايا الطبيعية التي تتخذ شكل القارب المطاط. فهذه الخلايا المنجلية تكون أكثر ضعفاً من الخلايا الطبيعية المستديرة. وينتج هذا الشكل المنجلي من تغيير حمض أميني واحد فقط في بروتين يسمى بالهيموجلوبين.





الجلد الفاتح اللون يناسب الذين يعيشون في مناطق مشمسة بدرجة بسيطة. فالجلد الفاتح اللون يكون مفيدا لأنه يسمح بدخول أشعة الشمس الضرورية لإنتاج بعض الفيتامينات الضرورية للجسم.

وينقل البشر وجميع الكائنات الحية الطفرات الحميدة إلى ذريتهم. ولكن الأمر يستغرق أجيالا عديدة حتى تنتشر هذه الطفرات المفيدة. فالطفرات في الـجينات تسمح للكائنات الحية بأن تكيف نفسها مع مختلف البيئات.



الجينات

ليست كل شىء

ها قد وصلنا إلى نهاية رحلتنا فى عالم الجينات، فنحن الآن نفهم ما يقوله البعض : إن شخصا ما له عيون مثل أبيه ، وأنف مثل جدته ، أو حتى عمى ألوان مثل جده. وبالطبع فنحن لا نرث العيون ولا الأنف ولا أى عضو آخر. ولكننا نرث الجينات التى تأمر خلايا الجسم باختيار لون معين للعين وشكل معين للأنف ، وتأمر الخلايا بإنتاج البروتينات الضرورية اللازمة للتمييز بين اللونين الأخضر والأحمر.

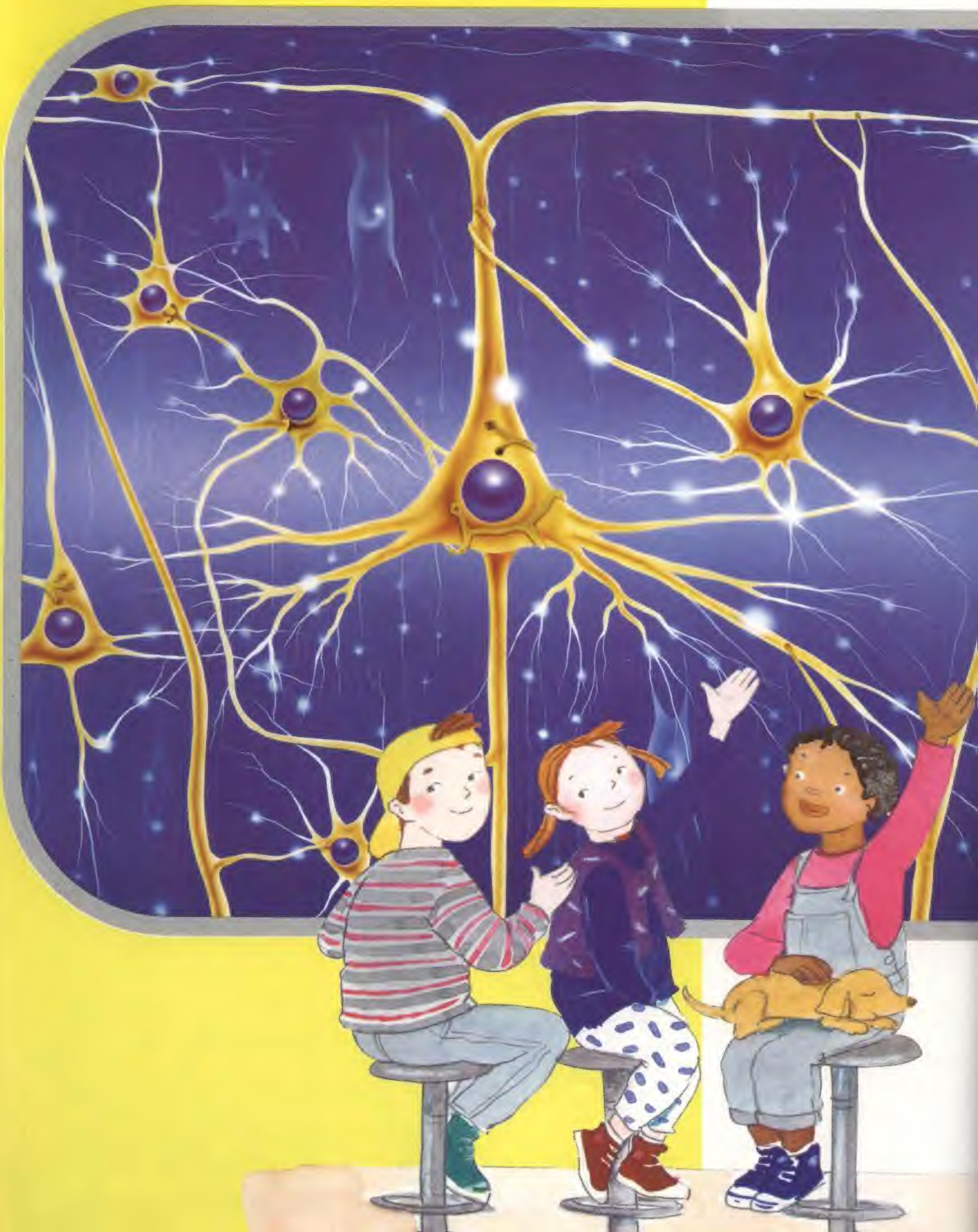
وكما هو واضح الآن، فإن الجينات هى المسؤولة عن تحديد الصفات التى يرثها الإنسان. ولكن الإنسان أكبر من أن يحدد بمجموعة صفات يرثها من والديه. ولناخذ مثالا على ذلك حالات التوائم المتشابهة. فهذه التوائم عندها نفس التشكيلة من الجينات، وتشابه فى الشكل والصفات الخارجية وبعض السلوكيات. وعلى الرغم من هذا فإن كل توأم له شخصيته الخاصة به التى تميزه عن أخيه التوأم ، مثل أى إنسان آخر على الأرض. فكل واحد منا يشعر ويفكر ويتصرف بطريقة مختلفة تميزه عن الآخرين. والفضل فى ذلك كله بالطبع لمعجزة المعجزات : المخ.

وهل يوجد جين خاص بالذكاء ، يا أستاذنا؟

بالطبع لا يوجد مثل هذا الجين. فالمخ عضو معقد بطريقة يصعب تخيلها، بحيث إن الصفات مثل الذكاء أو الموهبة الموسيقية لا تتحدد بجين واحد، ولكنها نتاج تفاعل يحدث بين المئات العديدة من الجينات. ولهذا فإنه من المستحيل تقريبا أن نحدد الجينات التى تتعاون بعضها مع بعض لتجعل طفلا أكثر تفوقا فى الحساب من طفل آخر ، أو تجعل طفلا يتعلم النغمات بطريقة أسرع من غيره، أو أن يصبح اجتماعيا أكثر من الآخرين.

وجدير بالذكر أن المخ لا يتحدد بالجينات وحدها، فالجينات تحدد بالتقريب عدد الخلايا فى المخ ، ولكنها لا تحدد للخلايا العصبية فى المخ عدد الخلايا العصبية الأخرى التى يجب أن ترتبط بها. وهنا يكمن الفرق الأساسى بين تأثير الجينات واستقلالية المخ. فكلما استخدمنا المخ فى عمليات التفكير وتحليل الأمور ونشطنا ذهننا كثيرا ، فإن الخلايا العصبية تتأثر من عمليات التفكير وتتفرع لتكون وصلات جديدة بينها وبين الخلايا العصبية الأخرى. وهذه الوصلات بين الخلايا العصبية هى التى تجعلنا أذكاء. فكلما زادت الوصلات بين الخلايا العصبية زادت نسبة الذكاء. فكل واحد منا عنده مواهبه الخاصة بجانب ضعفه فى صفات أخرى. وعلى الرغم من أن قلة من الناس سوف تصبح عبقرية مثل موزارت أو أينشتاين ، فإن كل واحد منا يستطيع أن يستخدم طاقاته ومواهبه بطريقة أكثر كفاءة لكى يصل إلى المستوى الأفضل الذى يتمناه. فمن يدري؟! فبالترتيب والاجتهاد والسعى الدائم نحو العلم والمعرفة، ويتوافر الظروف الملائمة، من الممكن أن يكون هناك أينشتاين آخر.

وبهذا ترون يا أصدقائى أن الإنسان يتميز وحده بقدرته على التدخل فى مصيره بعض الشىء بحيث لا يكون مسيرا بالجينات. فنحن نفكر لأنفسنا ونقوم بعمل الخطط للمستقبل. بل إننا نستطيع أن نبحث فى أمور معقدة مثل كيفية أن تتحول خلية صغيرة لتصبح شخصا كاملا مثلكم ومثلى، ودور الجينات فى هذه العملية أن تمدنا بالخطط لبناء الجسم بما فيه المخ. ولكن الأمر يعتمد علينا نحن فى اختيار مصيرنا فى الحياة.



ماذا تتذكر؟

توجد الجينات فى أجسام البشر فى:

- 1 - نسختين.
- 2 - نسخ بعدد الخلايا فى الجسم.
- 3 - 46 نسخة.

يتكون كل كائن حى من:

- 1 - خلية واحدة على الأقل.
- 2 - خليتين على الأقل.
- 3 - 46 خلية على الأقل.

الإجابة الصحيحة هي 1. وفى معظم الحالات تكون النسختان (نسخة من الأب ونسخة من الأم) متشابهتان. وتترجمان إلى بروتينين متشابهين. ولكن بعض الجينات توجد فى نسخ مختلفة لتؤدي وظائف مختلفة.

نطلق على نسختي الجين المتشابهتين:

- 1 - الحزون المزدوج.
- 2 - الكروموسومات.
- 3 - أشكال الجين.

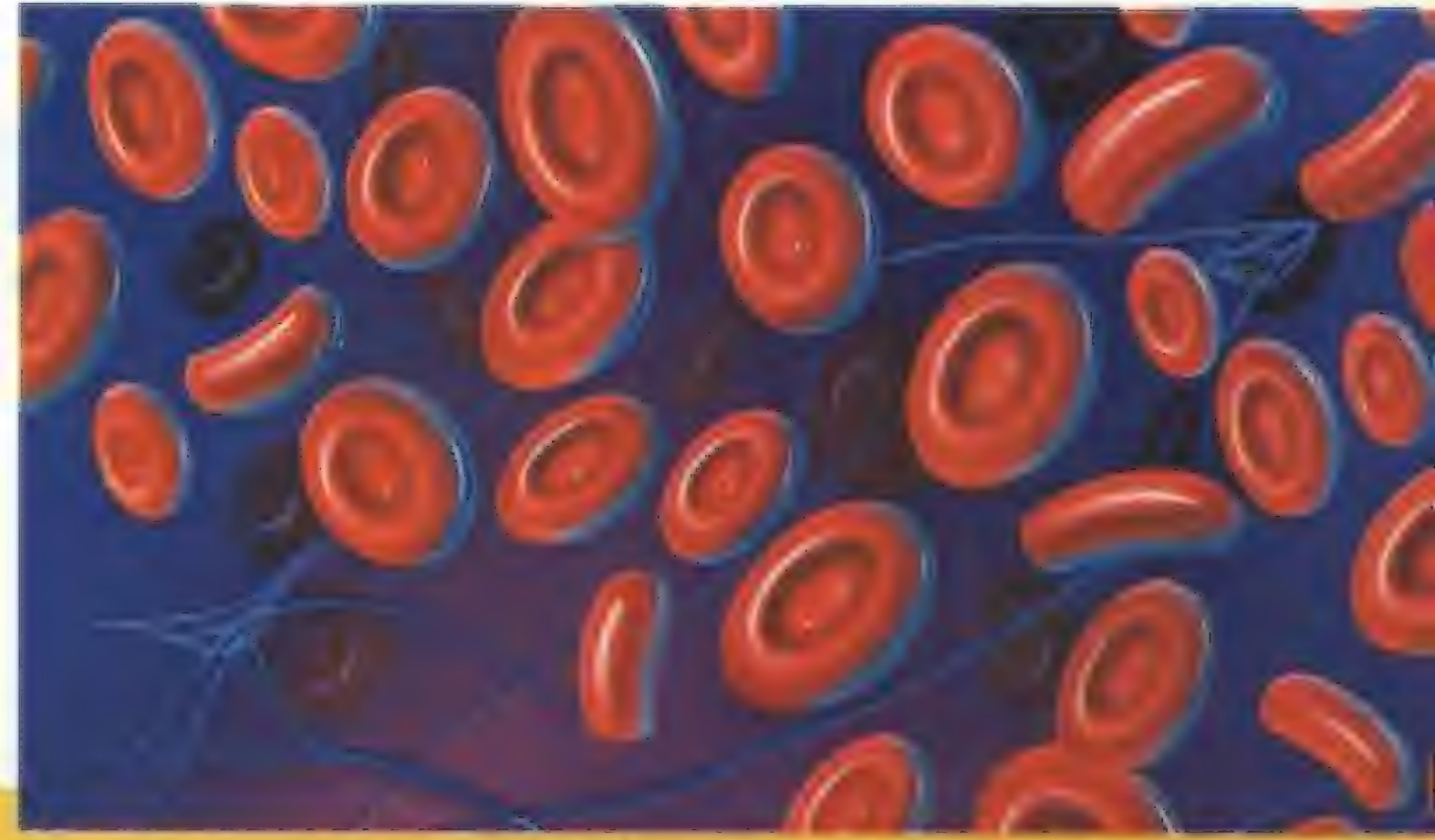
الإجابة الصحيحة هي 3. فالكروموسومات تحتوى على شريط الدنا وتأخذ شكل المكرونة القصيرة وتوجد فى النواة. والحزون المزدوج هو الشكل الذى يتخذه شريط الدنا عندما تلتف السلسلتان بعضهما حول بعض.

تحتوى الخلايا التى تكون غضروف الأنف والخلايا فى جذور الشعر على:

- 1 - جينات مختلفة.
- 2 - جينات متشابهة، ولكن جينات معينة يتم تنشيطها فى كل نوع من الخلايا.

الإجابة الصحيحة هي 2. فالخلايا المختلفة تحتوى على نفس الجينات. والسبب فى ذلك أن العشرة تريليون خلية التى تكوّن الجسم قد نشأت كلها من نفس البويضة الملقحة. ولكن خلايا غضروف الأنف تنشط وتعمل جينات مختلفة عن التى تنشطها خلايا جذور الشعر. فالخلايا المختلفة تقوم بأعمال مختلفة. ولهذا السبب فإن الخلايا المختلفة تنشط جينات مختلفة لكى ينتج كل نوع البروتينات اللازمة لأداء وظيفته الخاصة.

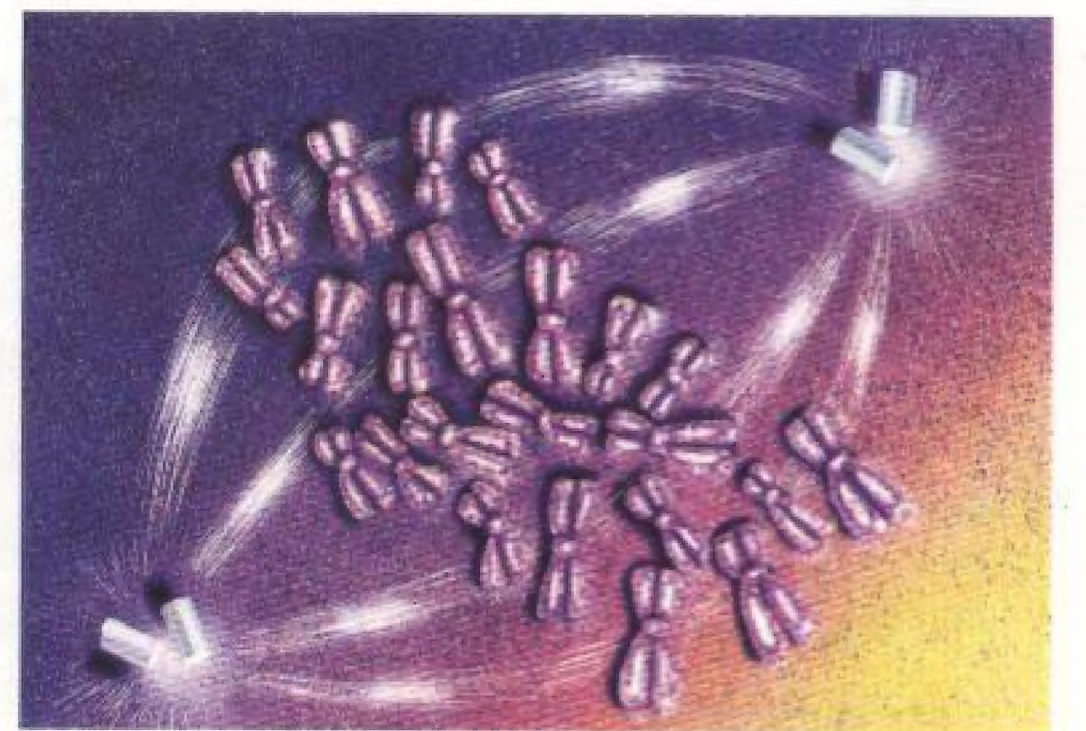
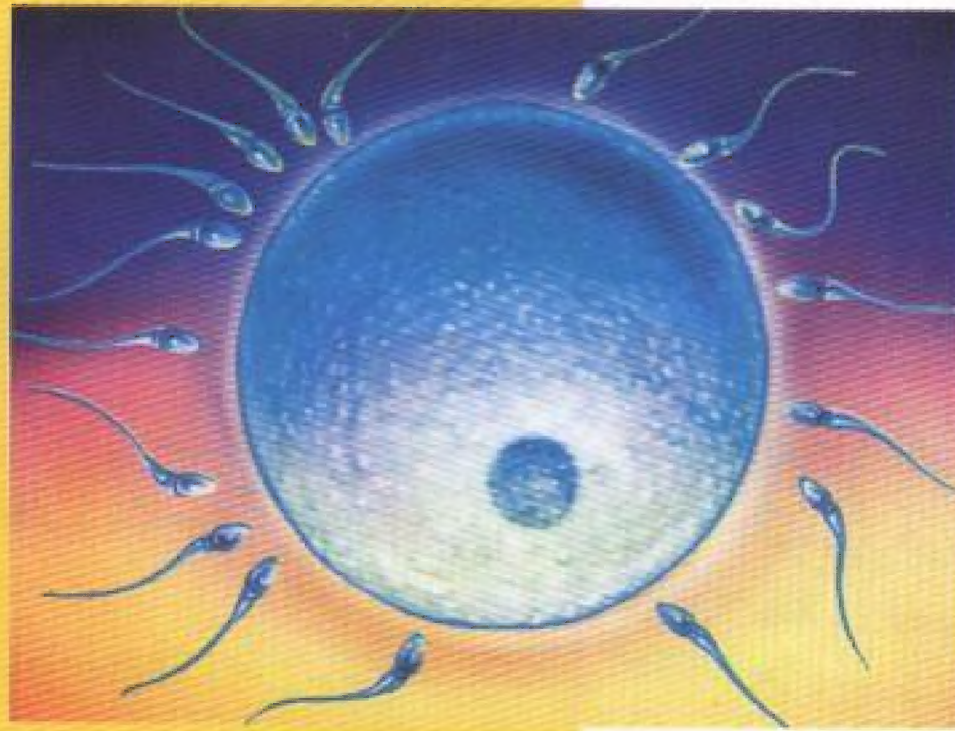
الإجابة الصحيحة هي 1. فهناك كائنات حية تتكون من خلية واحدة وتسمى بالكائنات وحيدة الخلايا، مثل البكتريا وبعض الطحالب وخميرة الخبز. أما الكائنات الأخرى مثل الشجر والنمل والبشر فإنها تتكون من خلايا لا تحصى. والخلايا من هذا النوع لا تستطيع أن تعيش مستقلة بمفردها، ولكنها تعتمد بعضها على بعض لتعيش فى كائن حى.



يتخذ الناس أشكالا مختلفة:

- 1 - لأن عندهم جينات مختلفة.
- 2 - لأن عندهم آباء مختلفين.
- 3 - لأنهم يتناولون أطعمة مختلفة.

الإجابة الصحيحة هي 1 و 2 و 3. فكل واحد منا له خلطة الجينات الخاصة به التى ورثها من أبويه. وبالطبع يلعب الطعام دورا أيضا. فالناس الذين يأكلون قليلا جدا أو يأكلون كثيرا جدا يختلفون فى أجسامهم.



نطلق على خلايا البويضة والحيوان المنوى اسم:

- 1 - الخلايا الجنسية.
- 2 - الجنين.
- 3 - كروموسومات الجنس.

الإجابة الصحيحة هي 1. فخلايا البويضة والحيوان المنوى تحمل بذور الحياة. وعندما يندمجان معا فإنهما يصبحان خلية البويضة الملقحة. وتتكاثر البويضة الملقحة لتصبح جنينا ينمو ويكون كائنا حيا. أما كروموسومات الجنس فهي تحتوى على الجينات التي تجعل البنين والبنات مختلفين.

خلية البويضة الملقحة التي تحتوى على كروموسوم X واحد و كروموسوم Y واحد سوف تعطى:

- 1 - توءما.
- 2 - صبيا.
- 3 - بنتا.

الإجابة الصحيحة هي 2. لأن الجينات على كروموسوم Y هي التي تجعل الجنين يبنى أعضاء الذكورة.

يتم تنشيط جين معين عندما:

- 1 - يتم نسخ صورة منه.
- 2 - يتضاعف.
- 3 - يخرج من النواة.

الإجابة الصحيحة هي 1. فصورة الجين التي تنسخ هي الرنا الرسول الذى يسافر إلى الريبوسومات (مصانع إنتاج جميع البروتينات). والجين الذى لا ينسخ منه صورة لا يكون له أى تأثير وكأنه نائم لا حول له ولا قوة. أما تضاعف الجينات فيحدث خلال انقسام الخلية ولا يؤثر هذا فى تنشيطها. فالجينات تبقى دائما فى النواة ولهذا تسافر نسخة الجينات (الرنا الرسول) بالنيابة عنها إلى السيتوبلازم.

توجد الأحماض الأمينية فى :

- 1 - عشرين نوعا مختلفا.
- 2 - أربعة أنواع مختلفة.
- 3 - 100 ألف نوع مختلف.

الإجابة الصحيحة هي 1. فباستعمال العشرين حمضا أمينيا تستطيع الخلايا أن تبني 100 ألف نوع من البروتينات التى يحتاج إليها الجسم. وهناك أربعة أنواع مختلفة من النيوكليوتيدات التى يتكون منها شريط الدنا.



تعريفات مهمة

أجهزة الخلية : Organelles الأجهزة التي تسبح في السيتوبلازم مثل النواة والميتوكوندريا وهيكل الخلية والريبوسومات والليسوسومات.

الأمراض الوراثية : Hereditary diseases الأمراض التي تنتج من جينات غير سليمة (بها أخطاء) ينقلها الآباء إلى الأبناء مثل مرض الهيموفيليا.

الإنزيمات : Enzymes نوع متخصص من البروتينات تساعد في تنشيط التفاعلات الكيميائية في الخلية الحية.

الأنسجة الحية : Cell tissue تتكون من خلايا متشابهة ملتصقة ببعضها البعض.

بدائل الجين : Alleles نسخ مختلفة من نفس الجين. مثلا . الجينات الخاصة بالشعر الأشقر من الممكن أن تحتوى على بدائل للشعر الأسود.

البروتينات : Proteins وحدات بناء الخلايا والأدوات التي تستخدمها الخلايا في أداء وظائفها العديدة. فالبروتينات تبنى الخلايا والخلايا العديدة تبنى الكائن الحي. ويوجد 100 ألف نوعا من البروتينات المختلفة التي تعمل مع بعضها في جسم الإنسان.

التوائم المتشابهة : Identical twins توائم لها نفس الجينات ولهذا فهم نسخ من بعضهم.

الجينات السائدة : Dominant genes نسخ الجينات التي تستخدم في إنتاج البروتينات.

الجينات المتنحية : Recessive genes نسخ الجينات التي لا تستعمل في إنتاج البروتينات.

الجينات : Genes أجزاء على الحمض النووي دنا وهي تحتوى على وصفات لصنع البروتينات وتتكون من عدة آلاف من الكلمات الشفرية.

الخلايا : Cells كائنات حية دقيقة. ويتكون جسم الإنسان من مئات الأنواع المختلفة من الخلايا التي تجعله حيا. والمهمة الرئيسية للخلايا هي إنتاج البروتينات. كما تحصل الخلايا على الطعام لتولد الطاقة وتكون وحدات البناء.

خلايا البويضات : Egg cell خلايا تحتوى على 23 كروموسوما فرديا. ولكي تنقسم البويضة وتكون جميع الخلايا المختلفة التي يحتاجها الكائن الحي لابد أن تتحد مع حيوان منوي لتصبح مخصبة.

خلايا الجلد : Skin cells هي الخلايا التي تكوّن طبقات تغطي سطح الجسم من الخارج والداخل.

الخلايا الجنسية : Germ cells هي خلايا البويضة والحيوان المنوي في الإنسان.

خلايا الدم البيضاء : White blood cells توجد منها الأنواع المختلفة.. وتتحرك بصفة مستمرة في الجسم لتصطاد وتدمر الميكروبات.

خلايا الدم الحمراء : Red blood cells خلايا في الدم متخصصة في نقل الأكسجين إلى كل أنحاء الجسم.

خلية الحيوان المنوي : Sperm cells خلية جنسية من الذكر تحتوى على 23 كروموسوما ويتحد مع البويضة ليلقحها.

الدنا : DNA الحمض النووي دنا وهو عبارة عن خيوط رفيعة جدا لها شكل السلم الحلزوني وتحتوى على الجينات.

الرنا الرسول : Messenger RNA جزيء يحمل نسخة من المعلومات على الجين ويأخذها إلى الريبوسومات المصانع الخاصة بإنتاج البروتينات.

الريبوسومات : Ribosomes جسيمات صغيرة في الخلية متخصصة في صنع البروتينات.

الطفرات : Mutations تغييرات في الجين ناتجة عن تغيير في ترتيب النيوكليوتيدات عليه. ومعظم الجينات التي تحمل طفرات غير سليمة ولكن البعض منها يكون مفيدا للكائن. كما أن الجينات ذات الطفرات التي انتقلت إلينا من أسلافنا هي التي تحدد الأشكال المختلفة من الناس حولنا.

عملية الإخصاب : Fertilization هي عملية اندماج الحيوان المنوي مع البويضة.

الكائن الحي : Organism كائن حي قائم بذاته يتكون إما من خلية واحدة مثل البكتيريا أو يتكون من بلايين الخلايا مثل النباتات والحيوانات والبشر.

الكروموسومات : Chromosomes معلمات من الحمض النووي دنا تحتوى على الجينات. ويوجد 23 زوجا من الكروموسومات في خلايا جسم الإنسان.

كروموسومات : Xchromosomes الكروموسومات التي تظهر على هيئة حرف الـ X عندما تنفصل الكروموسومات عن بعضها خلال انقسام الخلية.

كروموسومات : Ychromosomes الكروموسومات الصغيرة التي تظهر على هيئة حرف الـ Y المقلوب. وتحتوى خلايا الأولاد على 45 كروموسوما X وكروموسوم Y واحد.

29, 28, 26, 24	Father	الأب
21, 20	Antibodies	الأجسام المضادة
12, 11	Organelles	أجهزة الخلية
25, 24	Fertilization	الإخصاب
29, 28, 24	Mother	الأم
38, 36, 32	Hereditary diseases	الأمراض الوراثية
21	Enzymes	الإنزيمات
26, 22, 11	Cell tissue	الأنسجة الخلية
28, 16	Cell division	انقسام الخلية
32	Alleles	بدائل الجينات
26, 22, 21, 20, 19, 18, 16, 12, 11	Proteins	البروتينات
28, 21	Bacteria	البكتريا
37, 31, 26	Girl	البنت
30, 29, 28, 26, 25, 24, 20	Egg cell	خلايا البويضات
40, 34, 10, 8	Twins	التوائم
12	Golgi apparatus	جهاز جو لجي
40, 34, 32, 25, 24, 22, 20, 19, 18, 16, 12, 8	Genes	الجينات
32	Recessive genes	الجينات المتنحية
20, 13, 11, 10, 8	Cells	الخلايا
25	Daughter cells	خلايا البنات
30	Germ cells	الخلايا الجنسية
29, 28, 26, 24	Sperm cell	خلايا الحيوانات المنوية
20	White blood cells	خلايا الدم البيضاء
38, 20	Red blood cells	خلايا الدم الحمراء
21	Nerve cells	الخلايا العصبية
38, 18, 16, 11, 10	DNA	الدنا
18	Messenger RNA	الرنا الرسول
12	Endoplasmic reticulum	الشبكة الإندوبلازمية
12	Food	الطعام
39, 38	Mutations	الطفرات
21, 12	Muscles	العضلات
21, 12	Bones	العظام
37	Color blindness	عمى الألوان
12	Cartilage	الغضروف
21	Viruses	الفيروسات
25, 21	Organism	الكائن الحي
37, 36, 31, 30, 29, 24, 15, 14, 11	Chromosomes	الكروموسومات
37, 36, 26, 14	Y chromosomes	كروموسومات Y
37, 36, 26, 14	X chromosomes	كروموسومات X
12	Lysosomes	الليسوسومات
40	Brain	مخ
38	Malaria	الملاريا
12	Mitochondrion	الميتوكوندريا
38	Melanin	الميلانين
14, 12	Nucleus	النواة
19, 18, 16	Nucleotides	النيوكليوتيدات
21	Hormones	الهرمونات
38, 20	Hemoglobin	الهيموجلوبين
37, 36	Hemophilia	الهيموفيليا
34, 30	Parents	الوالدين
37, 31, 26	Boy	ولد

عالم الكروموسومات العجيب

المستكشفون الميكروسكوبيون

«المستكشفون الميكروسكوبيون» تصطحب

قراءها من الفتيان والفتيات - وكذلك
الكبار المهتمين بالعلوم - فى رحلة
تعليمية مثيرة فى عالم الخلايا
المجهول وما وراءه.

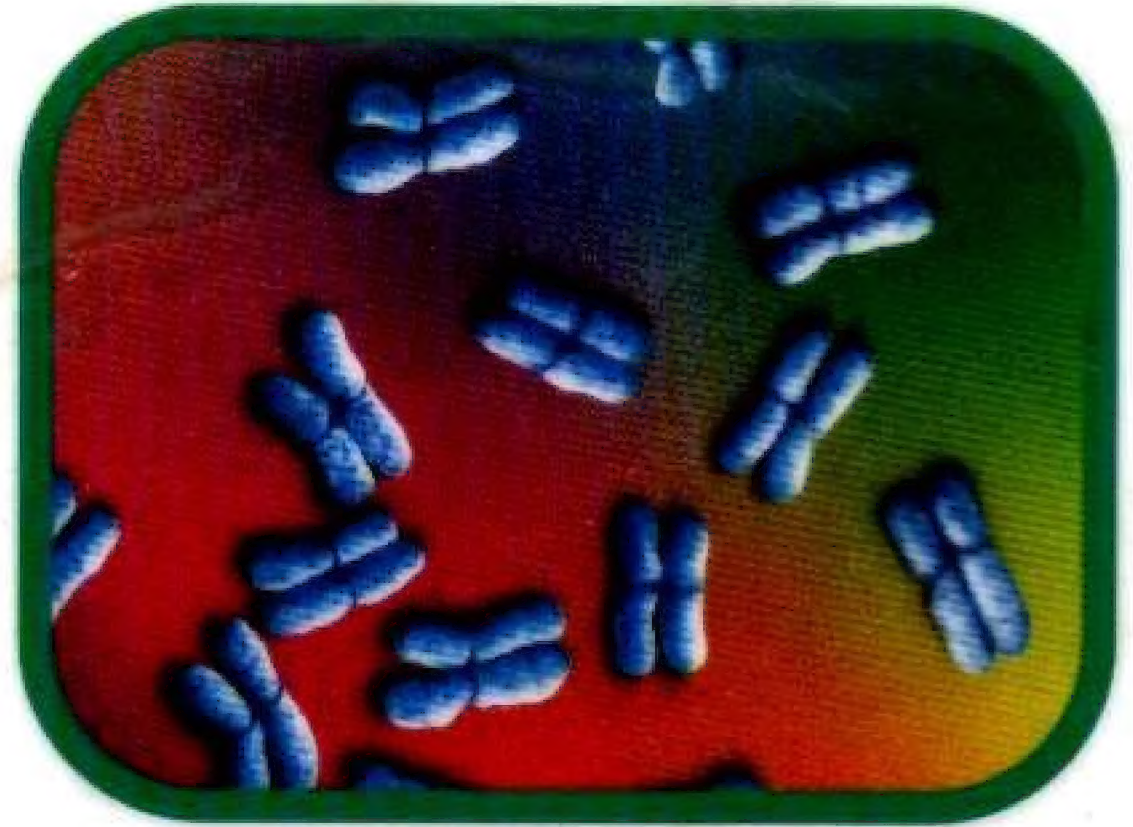


وحتى يمكن الاطلاع على الأشياء
الدقيقة، يدخل المستكشفون الميكروسكوبيون
داخل الآلة الميكروسكوبية، التى تنكمش بحيث
يتضاءل حجمها وحجم من فيها ؛ حتى
يصيروا من الصغير بما يمكنهم من :



- دخول الجسم والتعرف على الخلايا.
- رؤية واستكشاف الأعضاء الداخلية ومكوناتها.
- فهم آلية جسم الإنسان، وكيف تعمل أعضاؤه
لتستمر الحياة.

وقد قام بكتابة «المستكشفون الميكروسكوبيون» فريق
مميز من أكفأ العلماء والكتاب فى مجال الكيمياء
الحيوية وكتب الأطفال التعليمية. وهى تقدم
شرحاً مميزاً وجذاباً لتلك الأجهزة والعمليات
العضوية التى تشكل نمو جسم الإنسان وتطوره
وعمله .



فى هذه السلسلة :

- عالم الخلية العجيب
- أبطال جسمك وأشراره
- عالم الكروموسومات العجيب
- عالم الجينات العبقريّة

دار الشروق



القاهرة : 8 شارع سيبيه الم
رابعة العدوية - مدينة نصر ص ب 33 البانورما
تليفون: 4023399 فاكس: 4037567 (202)